

REGULERINGSKOMMISSIE VOOR ENERGIE IN HET BRUSSELS HOOFDSTEDELIJK GEWEST

STUDIE op initiatief

(BRUGEL-STUDIE-20171109-24)

**betreffende het fotovoltaïsche park in het Brusselse
Hoofdstedelijk Gewest - 2015**

**Opgesteld op basis van artikel 30bis §2, 7° van de
ordonnantie van 19 juli 2001 betreffende de organisatie van
de elektriciteitsmarkt in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest**

09/11/2017

Studie opgesteld door het ICEDD voor rekening van BRUGEL

Inhoudsopgave

1	Wettelijke grondslag	5
2	Inleiding.....	6
2.1	Voorwerp van het verslag.....	6
2.2	Context.....	7
3	Vorbereiding van de gegevens	11
3.1	Gegevensbronnen.....	11
3.2	Belangrijkste hypothesen	11
4	Analyse van het geïnstalleerde materiaal.....	13
4.1	Rendementen van de panelen.....	14
4.2	Marktaandelen van de fabrikanten van panelen.....	17
4.3	Marktaandelen van de fabrikanten van omvormers.....	19
4.4	Herkomst van de modules	21
4.5	Vaststellingen op basis van de analyses van het materiaal.....	23
5	Productiviteit van de installaties	23
5.1	Productiviteit van het park	23
5.1.1.	Definitie en segmenteringen van de indicator	23
5.1.2.	Evolutie volgens het productiejaar: van 2012 tot 2015	24
5.1.3.	Evolutie volgens het jaar van ingebruikname	26
5.1.4.	Analyse volgens de vermogenscategorieën	27
5.2	Prestaties van de installaties	29
5.2.1.	Definitie en segmenteringen van de indicator	29
5.2.2.	Analyse van de prestaties in 2015.....	30
5.2.3.	Evolutieve analyse volgens het jaar van ingebruikname van 2011 tot 2014.....	31
5.2.4.	Analyse volgens de vermogenscategorie.....	32
5.3	Vaststellingen op basis van de productiviteits- en prestatieanalyses	34
6	Prijs van de installaties	35
6.1	Prijs per kWp volgens van het jaar van ingebruikname.....	35
6.2	Prijs in kWp volgens de vermogenscategorie.....	36
6.3	Evolutie van de prijs volgens de herkomst van de panelen	42
6.4	Evolutie van de prijs volgens de technologie.....	43
6.5	Vaststellingen op basis van de prijsanalyses.....	45
7	Dimensionering.....	46
8	Zelfverbruiksgraad	49
9	Gemeentelijke analyse van het fotovoltaïsche park.....	55
10	Conclusies.....	59
11	Bijlage: Cijfertabellen van de gemeentelijke gegevens	61
11.1	Tabel A: Aantal FV-installaties volgens het type houder.....	61
11.2	Tabel B: Geïnstalleerd vermogen per gemeente volgens het type houder.....	62

Lijst van de illustraties

Figuur 1: Verdeling volgens de vermogensklasse van de FV-installaties bij particulieren eind 2015	8
Figuur 2: Evolutes tussen de types houder	10
Figuur 3: Europese en gewestelijke vergelijking van de dichtheid van het aantal FV-installaties per 1.000 inwoners	10
Figuur 4: Specifiek vermogen (Wp/m ²) van de installaties van het Brusselse park eind 2015	14
Figuur 5: Rendement van de installaties volgens de vermogenscategorie (Wp/m ²)	16
Figuur 6: Top 9 van de merken van panelen in het BHG	17
Figuur 7: Evolutie van de marktaandeelen van de tussen 2012 en 2015 in het BHG in gebruik genomen panelen.....	18
Figuur 8: Top 9 van de merken van omvormers in het BHG.....	19
Figuur 9: Evolutie van de marktaandeelen van de tussen 2012 en 2015 in het BHG in gebruik genomen omvormers	20
Figuur 10: Evolutie van de marktaandeelen van de tussen 2012 en 2015 in het BHG in gebruik genomen panelen volgens hun land van herkomst (% in geïnstalleerd MWp)	22
Figuur 11: Marktaandeelen in het totale park van de panelen volgens hun land van herkomst (% in geïnstalleerd MWp)	22
Figuur 12: Genormaliseerde productiviteit van de FV-installaties in het BHG in de periode 2012-2015	25
Figuur 13: Genormaliseerde productiviteit van de FV-installaties in het BHG in 2015, uitgesplitst volgens het jaar van ingebruikname	27
Figuur 14: Genormaliseerde productiviteit van de FV-installaties in het BHG in 2015, uitgesplitst volgens de vermogenscategorie.....	28
Figuur 15: Distributiecurve van de FV-installaties in het BHG in 2015 volgens hun prestaties	30
Figuur 16: Distributiecurve van de FV-installaties in het BHG in 2015 volgens hun prestaties voor de 4 laatste jaren van ingebruikname	32
Figuur 17: Distributiecurve van de FV-installaties in het BHG in 2015 volgens hun prestaties per vermogenscategorie van de installaties.....	33
Figuur 18: Prijs van de installaties in de periode 2012-2015 (EUR/kWp).....	36
Figuur 19: Prijs van de installaties volgens de vermogenscategorie van de installaties (EUR/kWp).....	37
Figuur 20: Prijs van de installaties per vermogenscategorie (EUR/kWp) – jaar 2013	38
Figuur 21: Prijs van de installaties per vermogenscategorie (EUR/kWp) – jaar 2014	39
Figuur 22: Prijs van de installaties per vermogenscategorie (EUR/kWp) – jaar 2015	40
Figuur 23: Prijs van de FV-installaties per jaar van ingebruikname volgens het geïnstalleerde vermogen	41
Figuur 24: Schaalwetten verkregen voor de installaties met een vermogen van]0-100 kWp]	41
Figuur 25: Prijs van de installaties volgens het land van herkomst van de panelen (EUR/kWp)	42
Figuur 26: Prijs van de FV-installaties in het BHG volgens het type technologie (EUR/kWp)	44
Figuur 27: Distributie van de installaties volgens hun dimensionering	47
Figuur 28: Distributie van de installaties volgens hun zelfverbruiksklasse	50
Figuur 29: Distributie van de installaties volgens hun zelfverbruiksklasse – [0-5 kW].....	52
Figuur 30: Distributie van de installaties volgens hun zelfverbruiksklasse – [5-100 kW]	52
Figuur 31: Gemeentelijk FV-park eind 2015 per type houder.....	55
Figuur 32: Spreiding van het geïnstalleerde vermogen van elk gemeentelijk FV-park per type houder.....	55
Figuur 33: Dichtheid van het aantal FV-installatie per 1.000 inwoners volgens de vermogenscategorie	56
Figuur 34: Kaart 1 - Aantal FV-installaties en dichtheid per 1.000 inwoners in het BHG	57
Figuur 35: Kaart 2 - Geïnstalleerd vermogen en dichtheid per 1.000 inwoners in het BHG	58

Lijst van de tabellen

Tabel 1: Fotovoltaïsch productiepark eind 2015.....	7
Tabel 2: Evoluties van het aantal en het vermogen FV-installaties per jaar van ingebruikname, uitgesplitst per type houder.....	9
Tabel 3: Evoluties van het aantal en het vermogen van de FV-installaties per jaar van ingebruikname, uitgesplitst per vermogenscategorie.....	9
Tabel 4: Verdeling van de installaties volgens de rendementsklasse eind 2015	15
Tabel 5: Omvang van de steekproef voor de analyse van het rendement van de panelen	15
Tabel 6: Belangrijkste fabrikanten van fotovoltaïsche modules op wereldvlak in 2015	21
Tabel 7: Klimaatnormalisatie-indexen op basis van de globale zonnestraling	24
Tabel 8: Omvang van de steekproef voor de analyse van de productiviteit per productiejaar	24
Tabel 9: Omvang van de steekproef voor de analyse van de genormaliseerde productiviteit in 2015 volgens het jaar van ingebruikname van de installaties	26
Tabel 10: Omvang van de steekproef voor de analyse van de genormaliseerde productiviteit in 2015 volgens de vermogenscategorie van de installaties	27
Tabel 11: Referentieproductiviteit voor een FV-installatie in het BHG.....	29
Tabel 12: Omvang van de steekproef voor de analyse van de prestaties in 2015.....	30
Tabel 13: Omvang van de steekproef voor de analyse van prestaties in 2015 per jaar van ingebruikname.....	31
Tabel 14: Omvang van de steekproef voor de analyse van prestaties in 2015 per vermogenscategorie	32
Tabel 15: Omvang en representativiteit van de steekproef.....	35
Tabel 16: Omvang en representativiteit van de steekproef (2013-2015).....	37
Tabel 17: Omvang en representativiteit van de steekproef (2013)	38
Tabel 18: Omvang en representativiteit van de steekproef (2014)	39
Tabel 19: Omvang en representativiteit van de steekproef – jaar 2015.....	40
Tabel 20: Omvang en representativiteit van de steekproef (2012-2015).....	42
Tabel 21: Omvang en representativiteit van de steekproef.....	43
Tabel 22: Omvang en representativiteit van de steekproef.....	46
Tabel 23: Distributie van de steekproef - Dimensionering	48
Tabel 24: Omvang van de steekproef.....	49
Tabel 25: Distributie van de steekproef - Zelfverbruik	51
Tabel 26: Omvang en distributie van de steekproef van 0-5 kWp en 5-100 kWp	53
Tabel 27: Omvang en distributie van de steekproef van particuliere en privéklanten	54

I Wettelijke grondslag

De ordonnantie van 19 juli 2001 betreffende de organisatie van de elektriciteitsmarkt in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest voorziet, in artikel 30bis §2, 7°, ingelast door artikel 56 van de ordonnantie van 14 december 2006, dat:

" ... BRUGEL wordt bekleed met een opdracht tot verlening van advies aan de overheid over de organisatie en de werking van de gewestelijke energiemarkt enerzijds, en met een algemene opdracht van toezicht op en controle van de toepassing van de hiermee verband houdende ordonnanties en besluiten anderzijds.

BRUGEL is belast met volgende opdrachten:

2° op eigen initiatief of op vraag van de Minister of de Regering, het uitvoeren van onderzoeken en studies of het geven van adviezen, betreffende de elektriciteits- en gasmarkt;

..."

Deze studie is opgesteld op initiatief van BRUGEL.

2 Inleiding

2.1 Voorwerp van het verslag

In het jaarverslag van BRUGEL over de werking van de markt van de groenestroomcertificaten en de garanties van oorsprong worden de Brusselse productieparken voor groene elektriciteit en in het bijzonder het park van fotovoltaïsche panelen (FV) geanalyseerd en gedetailleerd beschreven. Deze informatie is voornamelijk opgebouwd rond vier sleutelindicatoren: aantal en vermogen van de installaties, geproduceerde elektriciteit, aantal toegekende garanties van oorsprong (GO) die ermee verbonden zijn en aantal toegekende groenestroomcertificaten (GSC).

De databank van BRUGEL bevat echter andere relevante gegevens die niet worden gebruikt.

Dit verslag heeft betrekking op de resultaten van een studie die door het ICEDD voor rekening van BRUGEL werd uitgevoerd als update van een soortgelijke studie door het consortium Climact, Data @ Work en GreenSkill. De eerste studie had tot doel de bijkomende informatie van de databank van BRUGEL te benutten om een aantal als relevant geïdentificeerde indicatoren voor het FV-park te identificeren, te analyseren en te interpreteren en de resultaten te verrijken door ze te vergelijken met de gemeentelijke sociaaleconomische gegevens van deze verschillende indicatoren.

Dit verslag maakt het ook mogelijk om de analyses van het FV-park in het jaarverslag BRUGEL 2015 uit te diepen en te vervolledigen. De twee verslagen blijven niettemin volledig onafhankelijk.

De voorgestelde resultaten focussen op zes specifieke analyses die als bijzonder relevant werden geïdentificeerd om de voorbije en toekomstige evolutie van het Brusselse FV-park te begrijpen:

1. Analyse van het geïnstalleerde materiaal
2. Productiviteit van de installaties
3. Prijs van de installaties
4. Dimensionering
5. Zelfverbruik
6. Gemeentelijke cartografische voorstellingen van het fotovoltaïsche park

2.2 Context

De eerste fotovoltaïsche (FV) installaties deden hun intrede in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest in 2006. De ontwikkeling van de installaties op het grondgebied van het BHG houdt rechtstreeks verband met de evolutie van de diverse financiële stimulansen die van kracht waren in de periode 2006-2015 in de vorm van premies, fiscale voordelen, groenestroomcertificaten en aangepaste tarifiering via het 'compensatieprincipe'^{1,2}.

De uitsplitsing van het fotovoltaïsche productiepark eind 2015 volgens het type houder en de vermogenscategorie van de installaties³ wordt samengevat in de tabel hieronder.

Vermogens- categorie	Aantal installaties			Geïnstalleerd vermogen in kWp			Totaal aantal	Totaal vermogen (kWp)
	Privé- bedrijf	Overheids- bedrijf	Particulier	Privé- bedrijf	Overheids- bedrijf	Particulier		
0 - 5 kW	184	42	2.483	583	124	6.749	2.709	7.456
5 - 10 kW	86	32	215	554	193	1.273	333	2.020
10 - 100 kW	147	27	10	5.390	813	176	184	6.378
100 - 1000 kW	80	2	0	26.985	237	0	82	27.222
> 1000 kW	9	0	0	9.623	0	0	9	9.623
TOTAAL	506	103	2.708	43.135	1.368	8.197	3.317	52.700

Tabel 1: Fotovoltaïsch productiepark eind 2015⁴

De analyse van deze tabel toont dat het Brussels Hoofdstedelijk Gewest voornamelijk twee markten kent, enerzijds die van de kleine installaties (≤ 10 kWp), die 92% van de installaties en 18% van het totale geïnstalleerde vermogen vertegenwoordigt, en anderzijds die van de middelgrote tot grote installaties (> 10 kWp), die goed is voor 8% van de installaties en 82% van het totale geïnstalleerde vermogen.

De meerderheid van de kleine installaties zijn eigendom van particulieren gehouden (89% van het aantal kleine installaties), terwijl de middelgrote en grote installaties vrijwel uitsluitend eigendom zijn van privébedrijven of overheidsbedrijven (96% van het aantal middelgrote en grote installaties).

Hoewel de installaties van minder dan 5 kWp in 2015 82% van het geheel van de installaties vertegenwoordigen (92% van de particuliere installaties) dragen ze nauwelijks 14% van het totale in het BHG geïnstalleerde vermogen bij.

¹ Het jaarverslag 2015 van BRUGEL over de werking van de markt van de groenestroomcertificaten en de garanties van oorsprong behandelt de driemaandelijke evolutie over de periode 2006-2015 van deze financiële stimulansen en de resulterende evolutie van het fotovoltaïsch productiepark.

² De compensatie is een telmechanisme dat erin bestaat de op het net geïnjecteerde hoeveelheden af te trekken van de van het net afgenomen hoeveelheden. Het compensatieprincipe geldt uitsluitend voor de productie-installaties voor groene stroom en warmtekrachtkoppelinginstallaties met een vermogen van de omvormer, aan de AC-zijde, kleiner dan of gelijk aan 5 kW. Ter informatie, volgens de bepalingen van het besluit betreffende de promotie van groene elektriciteit van 17 december 2015 zal het compensatieprincipe in de loop van 2018 worden afgeschaft.

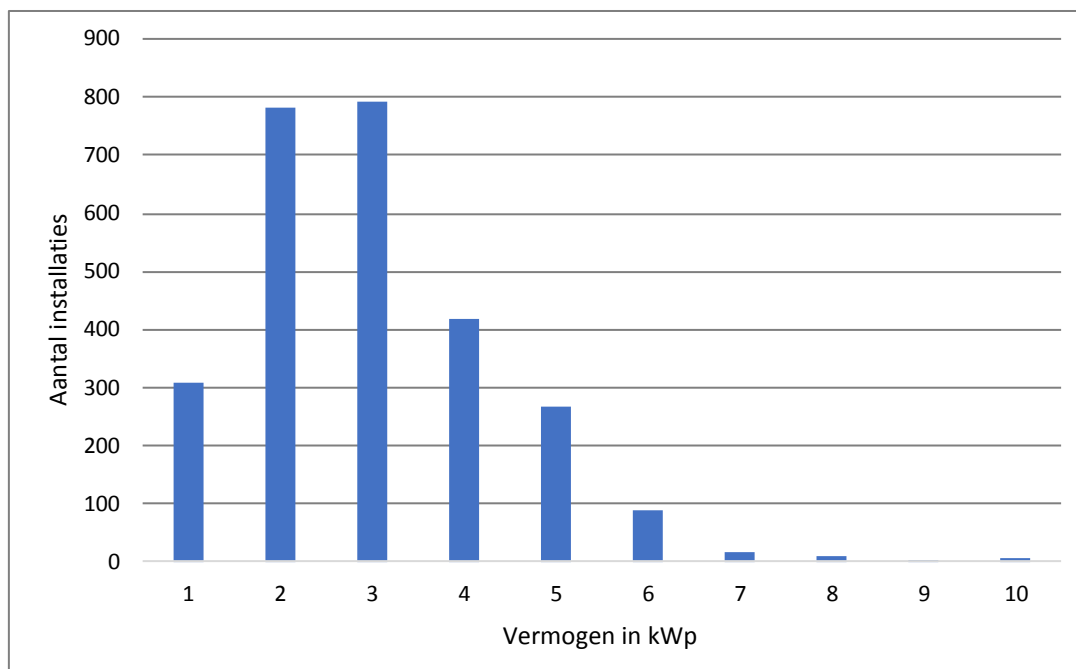
³ Een FV-installatie = een groene meter, tenzij anders vermeld.

⁴ Zie het jaarverslag over de werking van de markt voor groenestroomcertificaten en garanties van oorsprong - brugel 2015.

Ter herinnering, het compensatieprincipe⁵ geldt voor 'installaties' die door een EAN-code⁶ worden geïdentificeerd, met een vermogen van de omvormer, aan de AC-zijde, kleiner dan of gelijk aan 5 kWp.

De compensatie geldt dus voor alle installaties met één meter van de categorie 0-5 kWp, maar ook voor sommige installaties van de categorie 5-10 kWp.

De onderstaande figuur toont de verdeling van de 2.708 installaties die eigendom zijn van particulieren volgens de vermogensklasse. Hoewel het gemiddelde geïnstalleerde vermogen voor het particuliere segment (≤ 10 kWp) 3 kWp bedraagt, stelt men vast dat de belangrijkste modi in de buurt van 2 en 3 kWp liggen en dat bijna 70% van de installaties een vermogen van 3 kWp of lager heeft.



Figuur 1: Verdeling volgens de vermogensklasse van de FV-installaties bij particulieren eind 2015

⁵ Zie Art. 34 van het besluit van de Brusselse Hoofdstedelijke Regering van 17 december 2015 betreffende de promotie van groene elektriciteit.

⁶ Het in aanmerking genomen vermogen is de som van de vermogens van alle meters van de productie van groene stroom met eenzelfde EAN-code (alle productietypes samen).

De twee onderstaande tabellen tonen de geïnstalleerde vermogens per jaar voor de periode 2006-2015, uitgesplitst volgens het type houder (zie Tabel 2) en volgens de vermogenscategorie (Tabel 3):

Jaar van ingebruikname	Aantal installaties			Geïnstalleerd vermogen in kWp			Totaal aantal	Totaal vermogen
	Privébedrijf	Overheidsbedrijf	Particulier	Privébedrijf	Overheidsbedrijf	Particulier		
2006	1	4	2	3	28	7	7	38
2007	0	0	25	0	0	43	25	43
2008	10	1	261	75	44	549	272	668
2009	83	2	1.206	613	19	3.156	1.291	3.788
2010	42	12	261	606	168	783	315	1.556
2011	46	22	236	1.632	173	815	304	2.620
2012	86	8	329	10.364	212	1.274	423	11.850
2013	156	24	259	25.191	349	1.072	439	26.611
2014	33	14	71	1.898	149	285	118	2.331
2015	49	16	58	2.753	226	215	123	3.194
TOTAAL	506	103	2.708	43.135	1.368	8.197	3.317	52.700
%	15%	3%	82%	82%	3%	16%	100%	100%

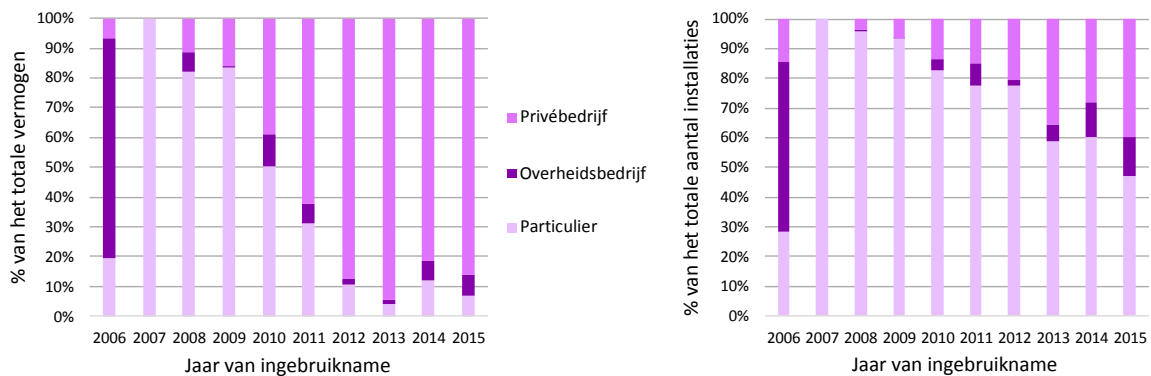
Tabel 2: Evoluties van het aantal en het vermogen FV-installaties per jaar van ingebruikname, uitgesplitst per type houder

Jaar	Aantal installaties					Geïnstalleerd vermogen in kWp					Totaal aantal	Totaal vermogen
	0-5 kW	5-10 kW	10-100 kW	100-1 000 kW	> 1.000 kW	0-5 kW	5-10 kW	10-100 kW	100-1 000 kW	> 1.000 kW		
2006	3	4	0	0	0	10	28	0	0	0	7	38
2007	24	1	0	0	0	35	8	0	0	0	25	43
2008	266	4	2	0	0	555	22	91	0	0	272	668
2009	1.227	48	15	1	0	3.075	305	307	102	0	1.291	3.788
2010	274	24	16	1	0	774	164	517	102	0	315	1.556
2011	237	46	18	3	0	734	268	638	980	0	304	2.620
2012	292	71	42	15	3	980	420	1.590	5.554	3.306	423	11.850
2013	242	90	55	46	6	836	537	2.085	16.836	6.317	439	26.611
2014	68	27	16	7	0	232	158	425	1516	0	118	2.331
2015	76	18	20	9	0	226	111	725	2132	0	123	3.194
TOTAAL	2.709	333	184	82	9	7.456	2.020	6.378	27.222	9.623	3.317	52.700
%	82%	10%	6%	2%	0%	14%	4%	12%	52%	18%	100%	100%

Tabel 3: Evoluties van het aantal en het vermogen van de FV-installaties per jaar van ingebruikname, uitgesplitst per vermogenscategorie

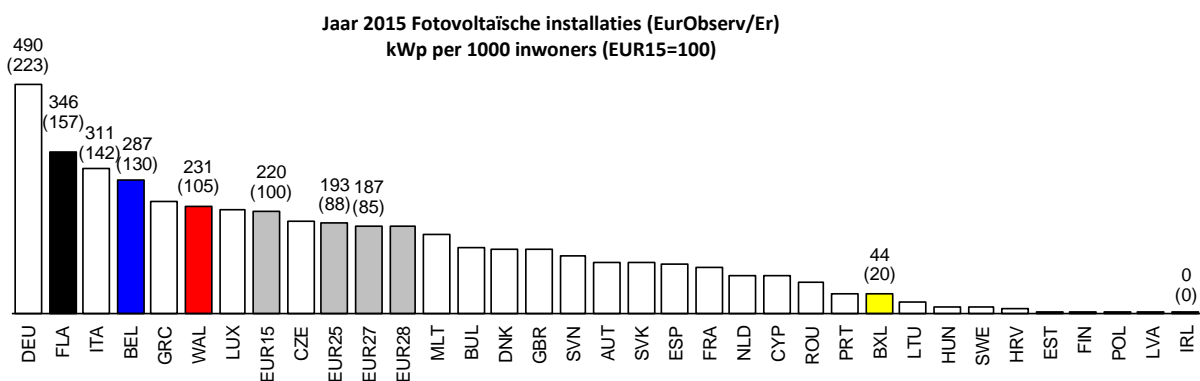
De analyse van deze tabel toont een algemene trend op de Brusselse markt naar meer en meer installaties in de sector van de privé- en overheidsbedrijven (via eigen middelen of de tussenkomst van derde privé-investeerders).

Zoals de figuur hieronder illustreert, heeft de markt van de particulieren zich tot in 2009 sterk ontwikkeld, maar is de trend in 2010 gekeerd, vooral in termen van geïnstalleerd vermogen. De installaties in privébedrijven hebben geleidelijk aan de overhand genomen in geïnstalleerde kWp. Deze ontwikkeling is echter sterk vertraagd in 2014, als gevolg van de aanzienlijke daling van het ondersteuningsniveau (verlaging van de vermenigvuldigingscoëfficiënt van 2,2 naar 1,32). We zien ook dat de verhouding overheidsinstellingen vanaf 2013 toeneemt, zowel in vermogen als in het aantal installaties.



Figuur 2: Evoluties tussen de types houder

Figuur hieronder toont voor het jaar 2015 de vermogensdichtheid per 1.000 inwoners van de landen van de Europese Unie en de drie Belgische gewesten. Met 44 kWp per 1.000 inwoners ligt het Brussels Hoofdstedelijk Gewest ruim onder het Belgische en het gewestelijke gemiddelde. De dichtheid van het Europa van de 27 is met 187 kWp per 1.000 inwoners veel hoger dan die van Brussel.



Figuur 3: Europese en gewestelijke vergelijking van de dichtheid van het aantal FV-installaties per 1.000 inwoners

3 Voorbereiding van de gegevens

3.1 Gegevensbronnen

De in dit verslag voorgestelde analyses zijn gebaseerd op drie gegevensbronnen:

1. Uittreksel van de databank van Brugel met de gegevens per meter van de fotovoltaïsche installaties op 31/12/2015;
2. Uittreksel van de databank van Brugel met, per meter van de fotovoltaïsche installaties, de door de houders ingestuurde productiemeterstanden en de berekening voor de toekenning van de groenestroomcertificaten (GSC) en de garanties van oorsprong (GO) op 31/12/2015;
3. Uittreksel van de databank van de distributienetbeheerder (SIBELGA) met de afname- en injectiemeterstanden per EAN-code voor de periode 2013-2014.

3.2 Belangrijkste hypothesen

Om te verzekeren dat uitsluitend analyses werden uitgevoerd op basis van relevante gegevens, werden bepaalde gegevens gefilterd door systematisch de 2 volgende etappes te volgen:

1. Filtering van de brongegevens op basis van hun kwaliteit en van de kennis van de sector

Na berekening van de indicatoren werden filters toegepast om enerzijds de ontbrekende of nulwaarden uit te sluiten en anderzijds de onjuiste waarden uit te sluiten op basis van referenties uit de sector.

In deze filters werden vier technische referentiecriteriën toegepast:

- technisch maximum van 1.250 kWh/kWp⁷ voor de productiviteit van de installaties;
- technisch maximum van 215 Wp/m² voor het rendement van de panelen⁸;
- minimum van 1.000 EUR/kWp en maximum van 10.000 EUR/kWp voor de prijzen van de installaties (incl. btw);
- minimum EAV ("Estimated Annual Value") van 1.000 kWh/jaar⁹).

2. Identificatie van de niet-relevante extreme waarden

⁷ De waarde 1250 kWh/kWp stemt overeen met de maximale verwachte productie voor een installatie die zich in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest bevindt, met een optimale blootstelling (zuid, 35° zonder schaduw) en voorzien van een zonnevolger.

⁸ De waarde 215 Wp/m² stemt overeen met de maximale waarde die werd vastgesteld op de technische fiches van de in 2015 op de markt beschikbare modules.

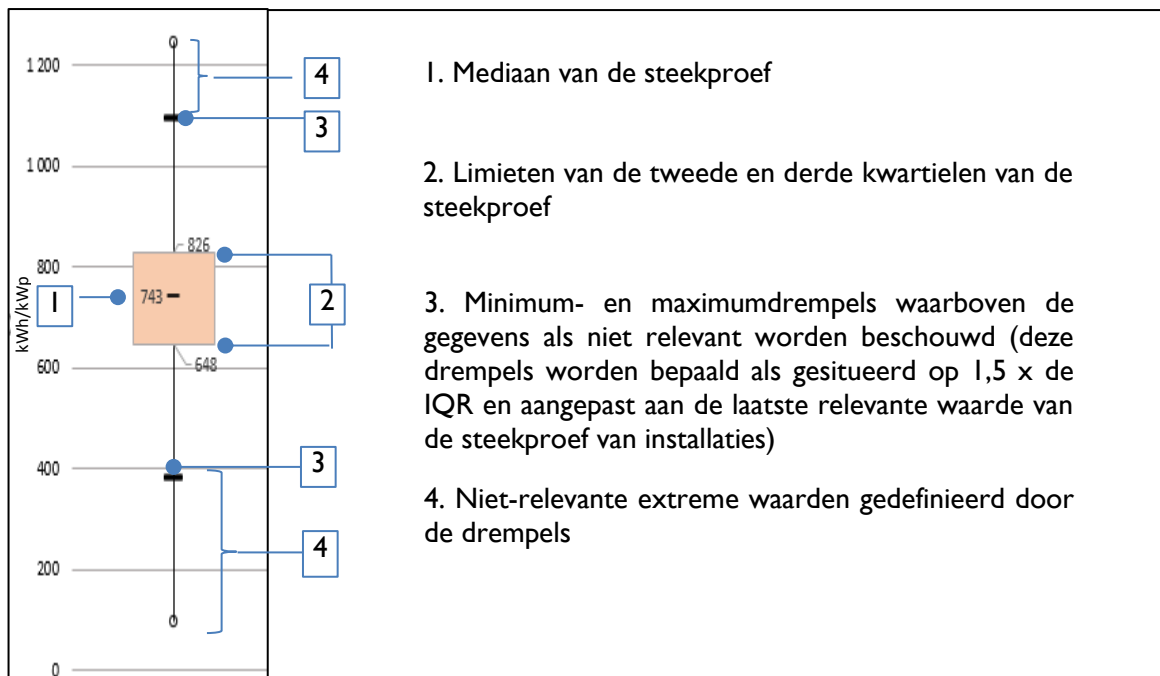
⁹ Aangezien de mediaan van het jaarlijks verbruik van de Brusselse residentiële verbruiker ongeveer 2000 kWh bedraagt, lijkt een EAV vóór FV-installatie van minder dan 50%, afgerond op 1000 kWh, relevant aangezien dit onbewoonde en renovatiepanden uitsluit.

Na deze eerste filtering moeten sommige gegevens nog als extreme, niet relevante waarden worden beschouwd. Dit gebeurt geval per geval volgens de indicatoren. Om dit na te gaan, werden de extreme, niet relevante waarden geïdentificeerd via statistische analyse met behulp van grafieken van het type "spreidingsdiagram" of "doosdiagram" om de gegevens weer te geven.

Deze grafieken maken het mogelijk om de drempels te identificeren voor de extreme, niet-relevante waarden, hetzij visueel via de densiteit van de punten in het "spreidingsdiagram", hetzij met de "1,5 IQR"-methode¹⁰ die courant wordt gebruikt in de beschrijvende statistiek en die toelaat om de bovenste en onderste lijnen van de "doosdiagrammen" te bepalen.

Deze etappe blijft echter beperkt tot een visuele analyse. De gepubliceerde statistische resultaten (mediaan, kwartiel, gemiddelde, enz.) hebben dus betrekking op het geheel van de gegevens die na filtering werden behouden.

Lezing van de doosdiagrammen:



1. Mediaan van de steekproef
2. Limieten van de tweede en derde kwartielen van de steekproef
3. Minimum- en maximumdrempels waarboven de gegevens als niet relevant worden beschouwd (deze drempels worden bepaald als gesitueerd op 1,5 x de IQR en aangepast aan de laatste relevante waarde van de steekproef van installaties)
4. Niet-relevante extreme waarden gedefinieerd door de drempels

Voor elke analyse, en na de toepassing van de filteretappes, werd er een evaluatie gemaakt van de kwaliteit en de representativiteit van de gegevens en werd meegedeeld hoeveel installaties er in de analyse waren opgenomen en het aandeel dat deze steekproef vertegenwoordigt ten opzichte van de oorspronkelijke gegevens.

¹⁰ De interkwartiele afstand (IQR) is per definitie het verschil tussen het derde en het eerste kwartiel. De bovenste (onderste) lijn van het diagram wordt bepaald door 1,5 keer de interkwartiele afstand (IQR) op te tellen bij (af te trekken van) de bovengrens (ondergrens) van het derde (eerste) kwartiel.

4 Analyse van het geïnstalleerde materiaal

Deze eerste analyse heeft tot doel de verschillende types installaties die in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest aanwezig zijn, het marktaandeel van de verschillende fabrikanten en de herkomst van het geïnstalleerd materiaal te identificeren.

Het productaanbod, gesteund door een groeiende wereldmarkt, evolueert voortdurend, zowel op het niveau van de prijzen als op dat van het rendement van de cellen en modules (panelen). De fotovoltaïsche installaties kunnen bovendien worden onderverdeeld in talrijke technologische varianten, met name volgens:

- het type gebruikte cellen: Mono- en polykristallijn silicium, dunne films, enz.;
- het type omvormer;
- de wijze waarop ze zijn geïntegreerd in de Brusselse gebouwen: klassieke stijve panelen of integratie van fotovoltaïsche materialen in het gebouw (BIPV¹¹);
- het type montage: plat dak, hellend dak of gevel, op het gebouw geplaatst of geïntegreerd, op de grond met of zonder zonnepanelen, enz.

Deze verschillende situaties, die al aanwezig zijn in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest, zijn echter niet opgenomen in de databank van installaties van BRUGEL. Aangezien deze studie beperkt is tot direct bruikbare informatie, konden bijgevolg alleen de volgende indicatoren worden geanalyseerd:

- 1 Rendement van de panelen (W_p/m^2);
- 2 Marktaandelen van de fabrikanten van panelen;
- 3 Marktaandelen van de fabrikanten van omvormers;
- 4 Herkomst van de panelen.

¹¹ "Building - Integrated PhotoVoltaics"

4.1 Rendementen van de panelen

Definitie van de indicator

De databank van BRUGEL vermeldt niet het type cel of het model van de panelen van een installatie maar wel haar piekvermogen (kWp) en de oppervlakte van de panelen (m²).

Op basis van deze informatie kan het specifieke vermogen van de panelen (Wp/m²) direct worden berekend, evenals het rendement van het paneel (%), door het verkregen specifiek vermogen te delen door 1.000 W/m², wat overeenstemt met de zonnestraling in standaardomstandigheden.

Voor de evaluatie van het rendement van de fotovoltaïsche in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest werden twee dimensies in aanmerking genomen:

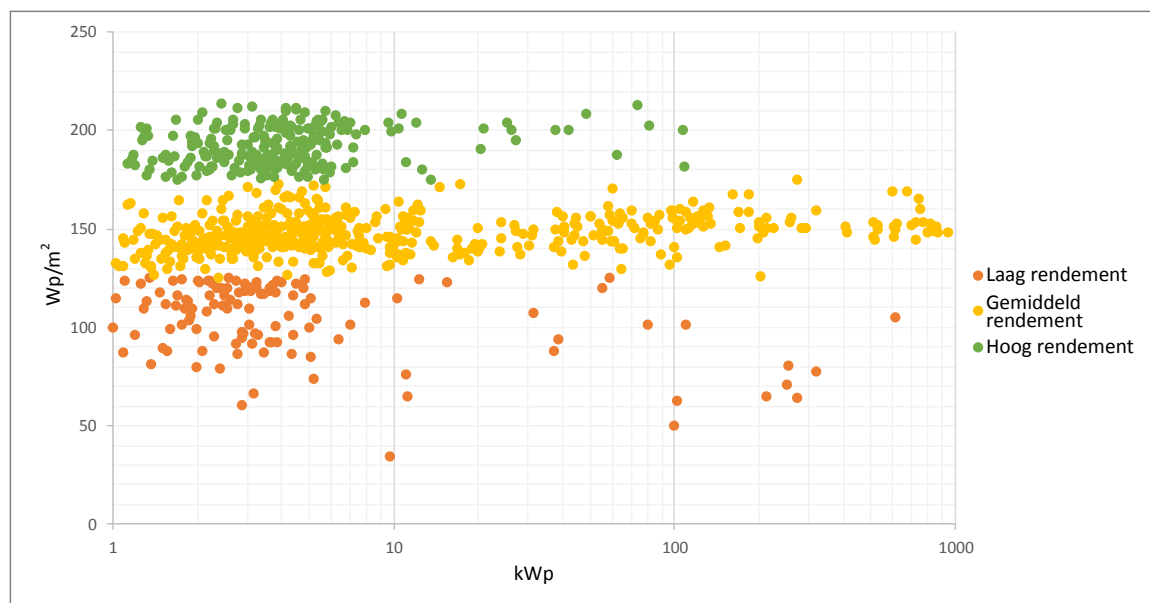
- A. Analyse volgens de rendementsklasse
- B. Analyse volgens de vermogenscategorie

A. Analyse volgens de rendementsklasse

Om het productiepark te kunnen karakteriseren, werden de installaties daarna gegroepeerd in de drie volgende categorieën:

- Module met laag rendement: ≤ 125 Wp/m²
- Module met gemiddeld rendement: > 125 en ≤ 175 Wp/m²
- Module met hoog rendement: > 175 en ≤ 215 Wp/m²

De onderstaande figuur van het type "spreidingsdiagram" illustreert de verschillende waarden die werden verkregen voor het geheel van de installaties.



Figuur 4: Specifiek vermogen (Wp/m²) van de installaties van het Brusselse park eind 2015

Op basis van de geanalyseerde steekproef was in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest eind 2015 meer dan 356.000 m² geïnstalleerd, met een gemiddeld specifiek vermogen van 157 Wc/m².

De tabel hieronder bevat de marktaandelen (% in aantal installaties en % in geïnstalleerde kWp) en het gemiddelde rendement van de drie rendementsklassen op basis van de eind 2015 geanalyseerde steekproef.

	% installaties	% in kWp	Gemiddeld rendement
Laag rendement	6%	6%	105
Gemiddeld rendement	65%	86%	146
Hoog rendement	29%	8%	190
Totaal	100%	100%	157

Tabel 4: Verdeling van de installaties volgens de rendementsklasse eind 2015

B. Analyse volgens de vermogenscategorie

Voor de evaluatie van het rendement van de fotovoltaïsche installaties in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest werd de vermogenscategorie in aanmerking genomen.

Geanalyseerde steekproef

De tabel hieronder toont de omvang en de representativiteit van de geanalyseerde steekproef.

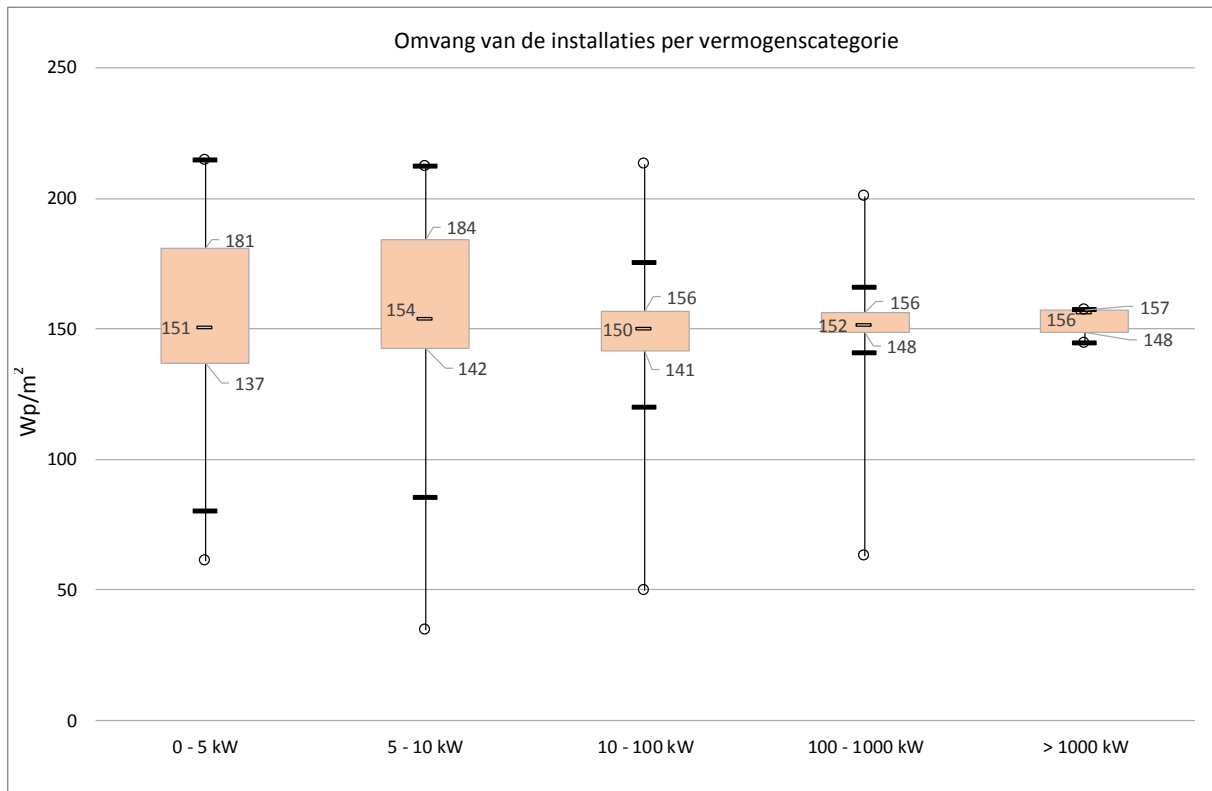
Vermogenscategorie (kWp)	0-5	5-10	10-100	100-1 000	> 1.000	Totaal
Aantal installaties eind 2015	2.709	333	184	82	9	3.317
Aantal geanalyseerde installaties	2.679	327	183	80	9	3.278
% van het totale aantal installaties	99%	98%	99%	98%	100%	99%

Tabel 5: Omvang van de steekproef voor de analyse van het rendement van de panelen

Vrijwel alle installaties werden geanalyseerd, de steekproef is volledig representatief.

Resultaten

De onderstaande figuur toont de distributie van het rendement van de installaties (Wp/m²) volgens de vermogenscategorie van de installaties:]0-5 kW];]5-10 kW];]10-100 kW];]100-1000 kW]; >1000 kW.



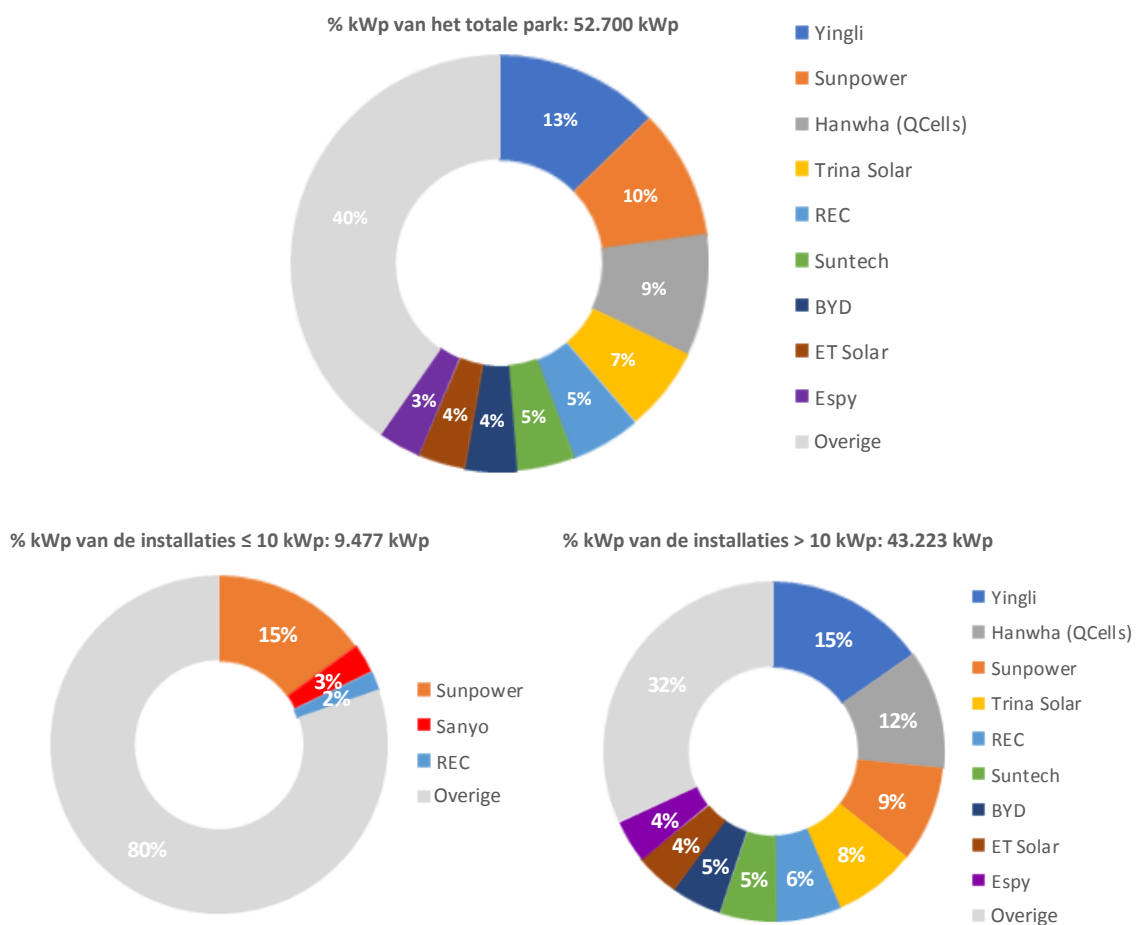
Figuur 5: Rendement van de installaties volgens de vermogenscategorie (Wp/m²)

Zoals uit de analyse van figuur hierboven blijkt, lijkt het mediane rendement van een FV-installatie niet door de vermogenscategorie te worden beïnvloed. We zien echter dat distributie voor de hogere vermogenscategorieën afneemt. De grote installaties zijn immers meestal beter gedimensioneerd dan de kleine installaties bij particulieren.

4.2 Marktaandeelen van de fabrikanten van panelen

De analyse van de marktaandeelen van de verschillende soorten materialen die voor de fotovoltaïsche installaties worden gebruikt, moet het mogelijk maken om de grote trends op de Brusselse markt vast te stellen en ze te situeren ten opzichte van de wereldwijde trends

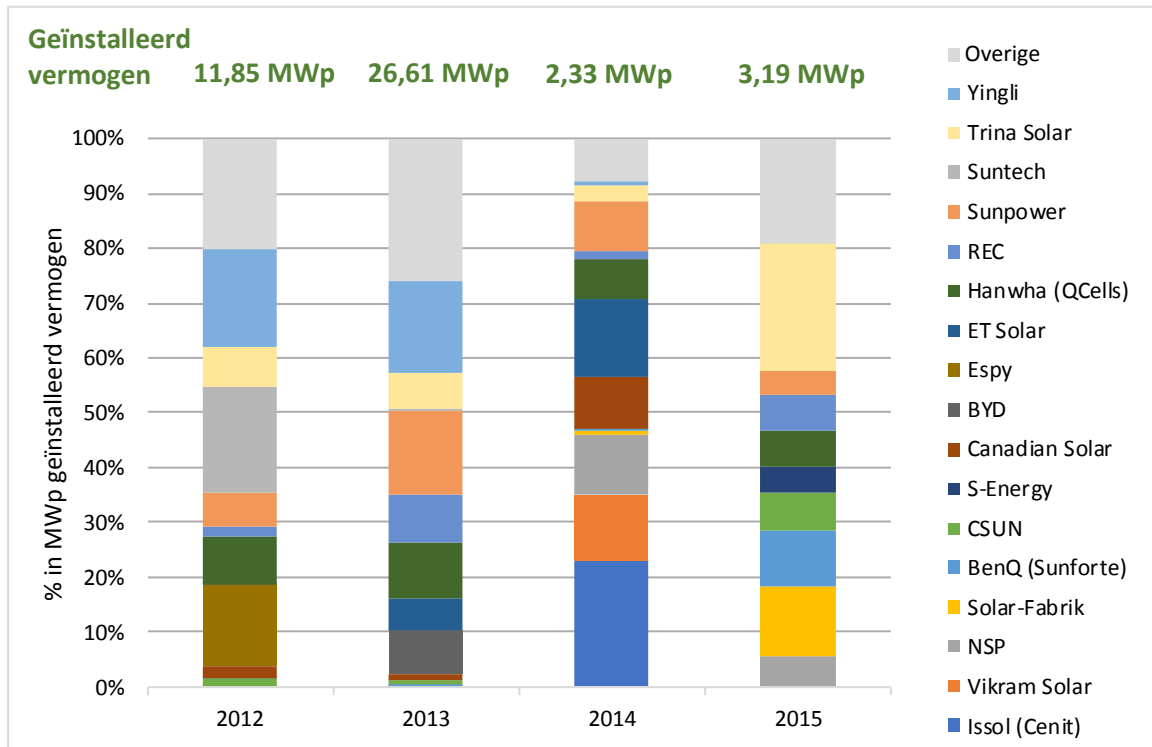
De onderstaande figuur toont de marktaandeelen van de 9 belangrijkste merken van panelen in het BHG.



Figuur 6: Top 9 van de merken van panelen in het BHG

De top 9 van de merken van panelen concentreert 60% van de markt in termen van geïnstalleerd vermogen voor het volledige park en 68% voor de grote installaties (>10 kWp). Slechts 3 merken (Sunpower, Sanyo en REC) van de top 9 komen voor in de marktaandeelen van de kleine installaties (≤10 kWp),

De figuur hieronder toont de evolutie van de marktaandelen van de panelen voor de vier laatste jaren van ingebruikname.

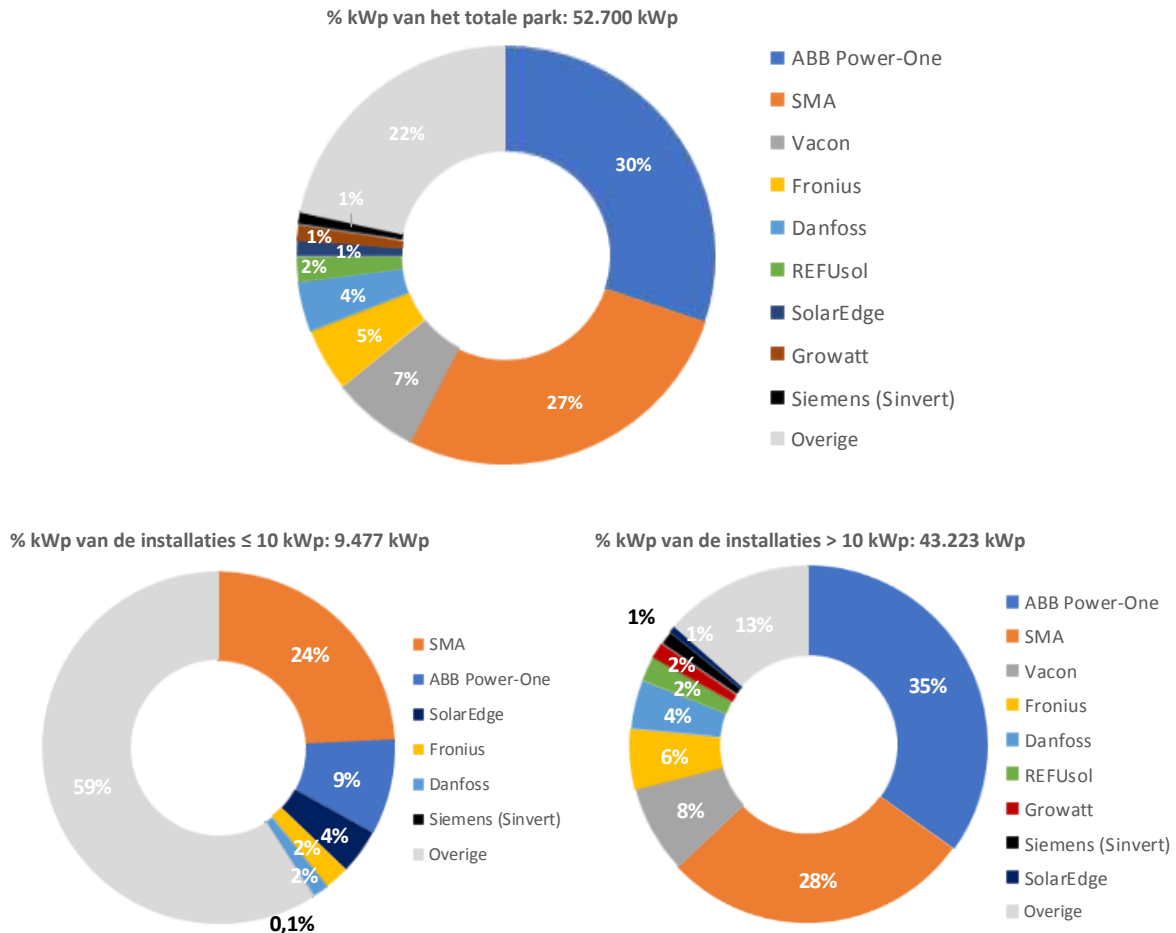


Figuur 7: Evolutie van de marktaandelen van de tussen 2012 en 2015 in het BHG in gebruik genomen panelen

We stellen vast dat vanaf 2014 merken als ET Solar, NSP of Solar Fabrik proportioneel grotere marktaandelen hebben. Merk echter op dat deze evolutie zich voordeed op een Brusselse markt die sterk terugviel tegenover de vorige jaren.

4.3 Marktaandeelen van de fabrikanten van omvormers

Figuur hieronder toont de marktaandeelen van de 9 belangrijkste merken van panelen in het BHG.

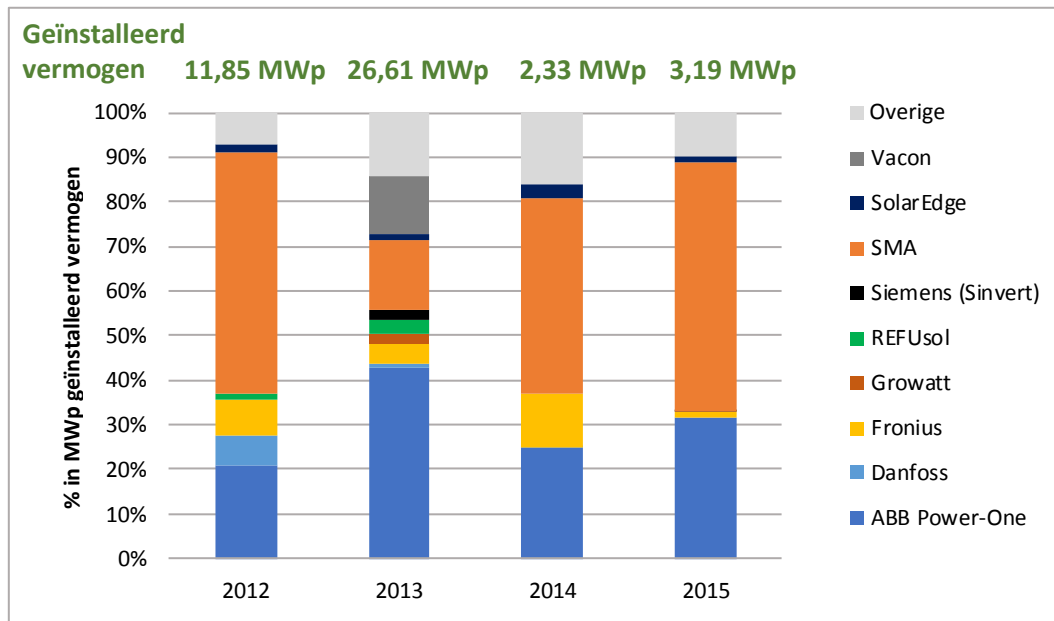


Figuur 8: Top 9 van de merken van omvormers in het BHG

We stellen vast dat deze markt nog sterker is geconcentreerd dan die van de panelen. De top 9 van de merken van omvormers concentreren immers 78% van de markt in het BHG en twee merken (AB Power-One en SMA) domineren de Brusselse markt met 57% marktaandeel. Bij de kleine installaties (≤ 10 kWp), komt SMA op de eerste plaats met een marktaandeel van 24%.

De meeste fabrikanten van de top 9 zijn wereldleider in het domein van de omvormers voor fotovoltaïsche installaties. We stellen dus geen enkele bijzonderheid vast op de Brusselse markt inzake de fabrikanten van omvormers. Merk op dat al deze fabrikanten van de top 9, met uitzondering van Growatt, groepen zijn die in Europa zijn gevestigd en waarvan de meeste nog steeds fabrieken in Europa hebben die omvormers produceren.

De onderstaande figuur toont de evolutie van de marktaandelen van de omvormers voor de vier laatste jaren van ingebruikname.



Figuur 9: Evolutie van de marktaandelen van de tussen 2012 en 2015 in het BHG in gebruik genomen omvormers

Zoals we al in Figuur 8 hebben gezien, domineren AB Power-One en SMA de markt van de omvormers in de periode 2012-2015.

4.4 Herkomst van de modules

De aanzienlijke stijging van de wereldwijde vraag op de Aziatische markten en de sterke dalingen die we de laatste jaren vaststellen op bepaalde lokale historisch leidende markten, voornamelijk Europese landen, waaronder België¹², hebben sterke evoluties teweeggebracht in de fotovoltaïsche sector en in het bijzonder in de lokalisatie van de productielijnen. De onderstaande tabel toont de belangrijkste fabrikanten van fotovoltaïsche modules in 2015 op wereldniveau.

Onderneming	Land	Lokalisatie van de productielijnen	Wereldwijde leveringen van modules in 2015 (MWp) ¹³
Trina Solar	China	China	5.740
Jinko Solar	China	China, Maleisië, Zuid-Afrika, Portugal	4.512
Canadian Solar	Canada, China	Canada, China	4.384
JA Solar	China	China	3.673
Hanwha Qcells	Zuid-Korea, Duitsland	China, Duitsland	3.306
First Solar	Verenigde Staten	Maleisië, Verenigde Staten	2.900
Yingli Green Energy	China	China, Thailand	2.400
ReneSola	China	China, Polen, Zuid-Afrika, India, Maleisië, Zuid-Korea, Turkije, Japan	1.600
Solar World	Duitsland	Duitsland, Verenigde Staten	1 159
SunPower	Verenigde Staten	Verenigde Staten, Filippijnen	969

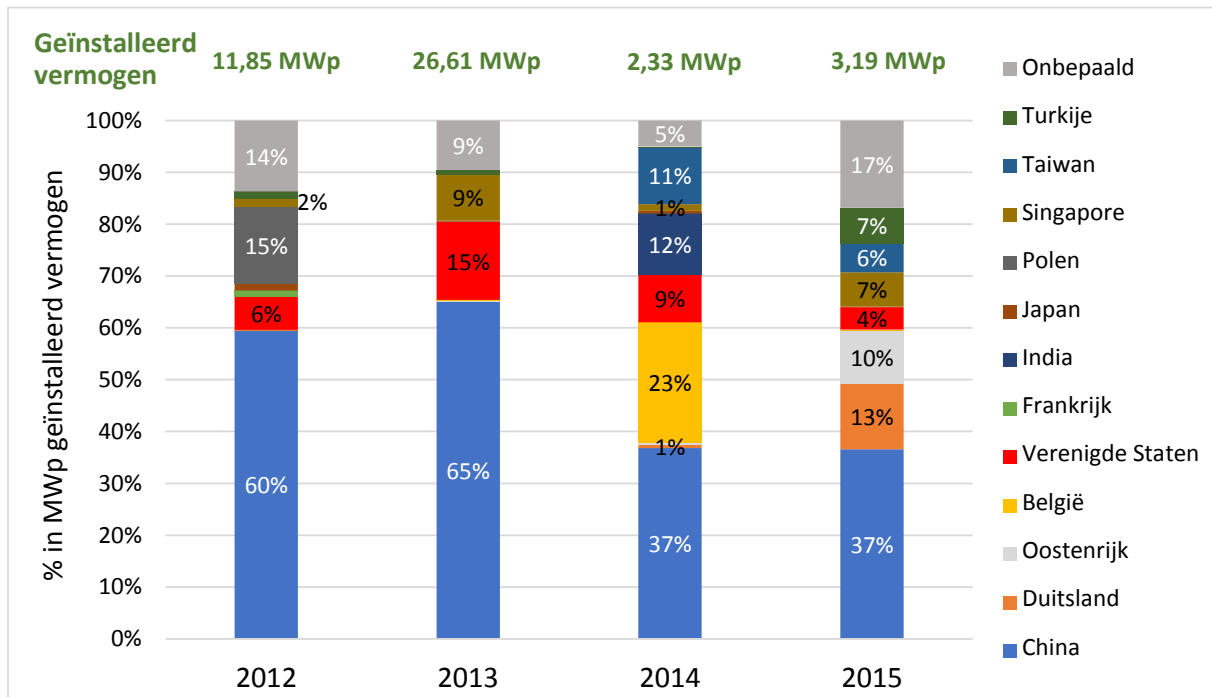
Tabel 6: Belangrijkste fabrikanten van fotovoltaïsche modules op wereldvlak in 2015

Als we deze tabel vergelijken met de merken van de in het BHG in gebruik genomen panelen (zie Figuur 6), stellen we vast dat de vier meest gebruikte merken in het BHG (Yingli, SunPower, Hanwha-Qcells en Trina Solar) deel uitmaken van de belangrijkste fabrikanten van modules wereldwijd.

De onderstaande figuur toont de evolutie van de marktaandeelen van de panelen volgens hun herkomst, voor de vier laatste jaren van ingebruikname. We gaan uit van de hypothese dat de landen van herkomst van de panelen de landen zijn waar de belangrijkste productielijn van de panelen gevestigd is.

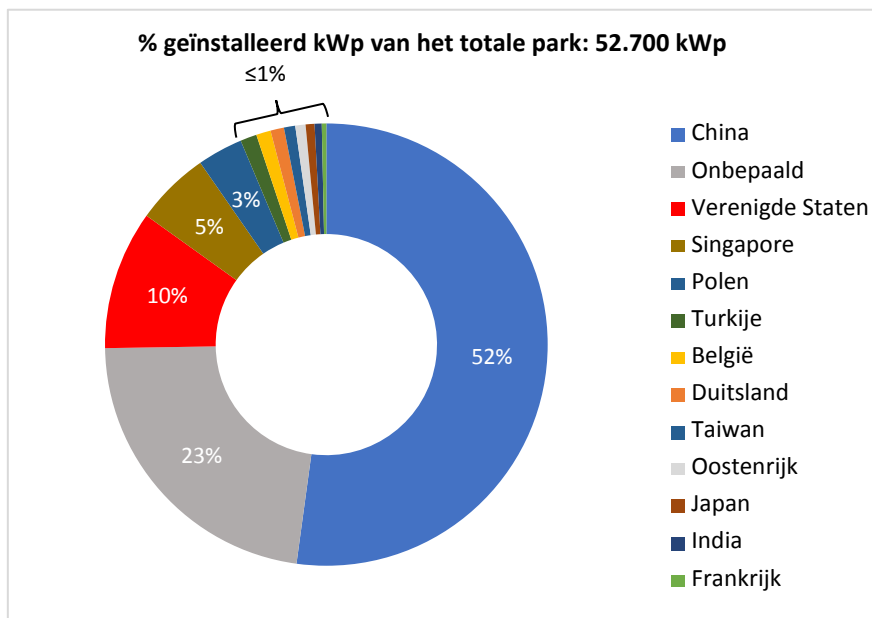
¹² IEA-PVPS –Snapshot of Global PV Markets 2015, www.iea-pvps.org

¹³ Bron: Baromètre photovoltaïque – EurObserv'ER – April 2016



Figuur 10: Evolutie van de marktaandelen van de tussen 2012 en 2015 in het BHG in gebruik genomen panelen volgens hun land van herkomst (% in geïnstalleerd MWp)

Men stelt vast dat de Chinese panelen de markt in termen van geïnstalleerd vermogen domineren.



Figuur 11: Marktaandelen in het totale park van de panelen volgens hun land van herkomst (% in geïnstalleerd MWp)

4.5 Vaststellingen op basis van de analyses van het materiaal

De vermogenscategorie heeft geen invloed op het mediane rendement.

9 merken van panelen zijn goed voor ~60% van de markt.

9 merken van omvormers zijn goed voor ~78% van de markt en 2 merken domineren de markt met ~57% marktaandeel.

In termen van geïnstalleerd vermogen wordt de markt van de panelen nog altijd door China gedomineerd.

Bijna 86% van het geïnstalleerde vermogen betreft panelen met gemiddeld rendement (> 125 en ≤ 175 Wp/m²)

5 Productiviteit van de installaties

De analyse houdt rekening met twee indicatoren waarmee men de globale evolutie van de kwaliteit van het FV-park in het BHG kan volgen.

De analyse van de evoluties van deze indicatoren maakt een evaluatie mogelijk van het verbeteringspotentieel van het park in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest. Ze identificeert bovendien de specifieke kenmerken van het Gewest die de vastgestelde prestatieverschillen kunnen verklaren.

5.1 Productiviteit van het park

5.1.1 Definitie en segmenteringen van de indicator

De productiviteit van een installatie meet de jaarlijkse productie van de installatie (in kWh) tegenover haar geïnstalleerd vermogen (kWp). Ze wordt uitgedrukt in kWh/kWp.

De productiviteit van de installaties die het FV-productiepark van het Brussels-Hoofdstedelijk Gewest vormen, kan worden geraamd op basis van de overzichten van de elektriciteitsproductie die zijn geregistreerd in de databank van groenestroomcertificaten van BRUGEL.

Voor een bepaalde FV-installatie verschilt de productie van jaar tot jaar afhankelijk van de weersomstandigheden. Bijgevolg worden, wanneer verschillende productiejaar worden vergeleken, de gegevens van de elektriciteitsproductie genormaliseerd op basis van de "globale zonnestraling" gepubliceerd door het KMI voor het station van Ukkel.

De tabel hieronder geeft de normalisatie-indexen voor de jaren 2012 tot 2015.

Jaar	Globale zonnestraling	Normalisatie-index
KMI-norm	990	100,00
2012	1.041	105,15
2013	1.037	104,75
2014	1.064	107,47
2015	1.112	112,32

Tabel 7: Klimatnormalisatie-indexen op basis van de globale zonnestraling ¹⁴

Bovendien daalt de productie van een installatie mettertijd als gevolg van rendementsverlies dat te wijten is aan de veroudering van de cellen¹⁵. Wanneer we installaties van verschillende leeftijden willen vergelijken, kan een normalisatie van de gegevens over de elektriciteitsproductie dus eveneens noodzakelijk zijn. In het kader van deze studie werd deze normalisatie echter niet noodzakelijk geacht, aangezien ze de resultaten en de conclusies niet significant beïnvloedt over een dergelijke korte periode.

5.1.2. Evolutie volgens het productiejaar: van 2012 tot 2015

Geanalyseerde steekproef

De onderstaande tabel geeft de omvang van de bruto steekproef, de omvang van de geanalyseerde steekproef (na toepassing van de filters) en haar representativiteit tegenover de bruto steekproef.

Productiejaar	2012	2013	2014	2015
Aantal installaties in het BHG eind 2015 = 3.317				
Aantal geanalyseerde installaties	2.045	2.436	2.752	2.650
% van de totale steekproef	62%	73%	83%	80%

Tabel 8: Omvang van de steekproef voor de analyse van de productiviteit per productiejaar

Merk op dat de na de toepassing van de filters geanalyseerde steekproeven zeer representatief zijn, in het bijzonder voor de laatste twee productie jaren.

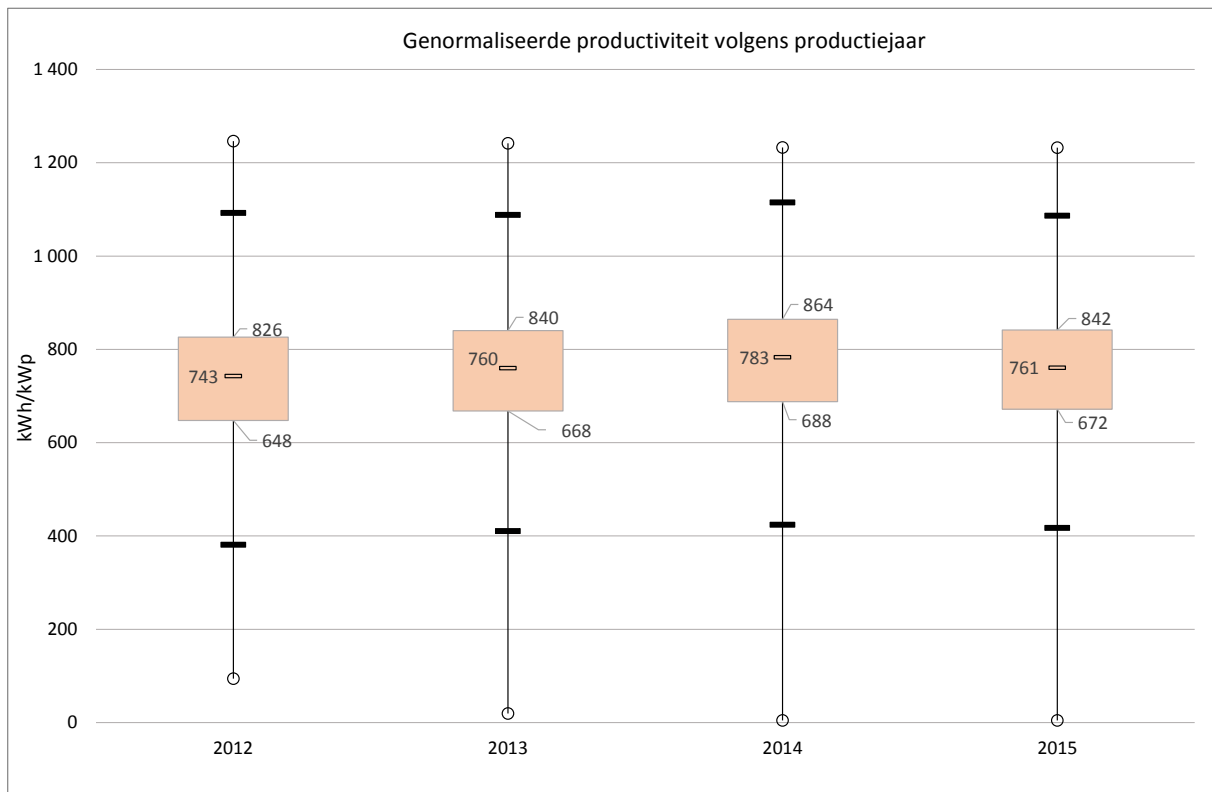
Resultaten

De Figuur 12 toont de distributie van de FV-installaties in het BHG volgens hun genormaliseerde productiviteit voor de productie jaren 2012 tot 2015. De figuur omvat de informatie over de mediaan, de 1^{ste} en 3^{de} kwartielen en de maxima en minima van de productiviteit, naargelang de gegevens statistisch relevant (onderste of bovenste lijn) of niet-relevant worden geacht (cirkeltjes). De resultaten worden hier voorgesteld los van het jaar van ingebruikname of van de vermogenscategorie.

¹⁴ Bron: KMI, Jaarlijkse globale zonnestraling in Ukkel

¹⁵ De waarde die meestal wordt gekozen is -0,5% per jaar (NREL, 2012)

Ter herinnering, de hier voorgestelde resultaten zijn gebaseerd op de gegevens na toepassing van de filters.



Figuur 12: Genormaliseerde productiviteit van de FV-installaties in het BHG in de periode 2012-2015

Op basis van de analyse van de mediaan kunnen we vaststellen dat de helft van de installaties van 2012 tot 2014 een productiviteit vertoonde die steeg van minder dan 743 kWh/kWp naar 783 kWh/kWp. In 2015 zien we een lichte daling tegenover 2014. Deze daling houdt waarschijnlijk verband met een kleiner aantal geanalyseerde installaties¹⁶ in 2015 dan in 2014 (zie Tabel 8).

Deze waarden liggen beduidend onder de in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest in aanmerking genomen referentieproductiviteiten (zie Tabel 11: Referentieproductiviteit voor een FV-installatie in het BHG).

Op basis van de analyse van de kwartielen van 2015 kunnen we vaststellen dat de helft van de installaties een productiviteit tussen 672 en 842 kWh/kWp had.

¹⁶ Op het ogenblik van de analyse hadden een aantal installaties van het Brusselse park hun productie-indexen voor het eind van het jaar 2015 nog niet doorgegeven.

5.1.3. Evolutie volgens het jaar van ingebruikname

Geanalyseerde steekproef

De tabel hieronder geeft de omvang van de steekproef volgens het jaar van ingebruikname van 2010¹⁷ tot 2014¹⁸ voor het productiejaar 2015, genormaliseerd op basis van de normalisatie-index 112,32 (zie Tabel 7) die na de toepassing van de filters werd geanalyseerd.

Jaar van ingebruikname	2010	2011	2012	2013	2014
Aantal installaties in het BHG	315	304	423	439	118
Aantal geanalyseerde installaties	240	268	355	370	94
% van de totale steekproef	76%	88%	84%	84%	80%

Tabel 9: Omvang van de steekproef voor de analyse van de genormaliseerde productiviteit in 2015 volgens het jaar van ingebruikname van de installaties

De steekproeven hebben betrekking op ten minste 76% van de gegevens voor elk van de geanalyseerde jaren van ingebruikname en worden dus als significant representatief beschouwd.

Resultaten

De Figuur 13 stelt ons in staat om de analyse van het productiejaar 2015 uit te diepen. Ze toont de distributie van de installaties van het FV-park volgens hun productiviteit voor de jaren van ingebruikname van 2010 tot 2014.

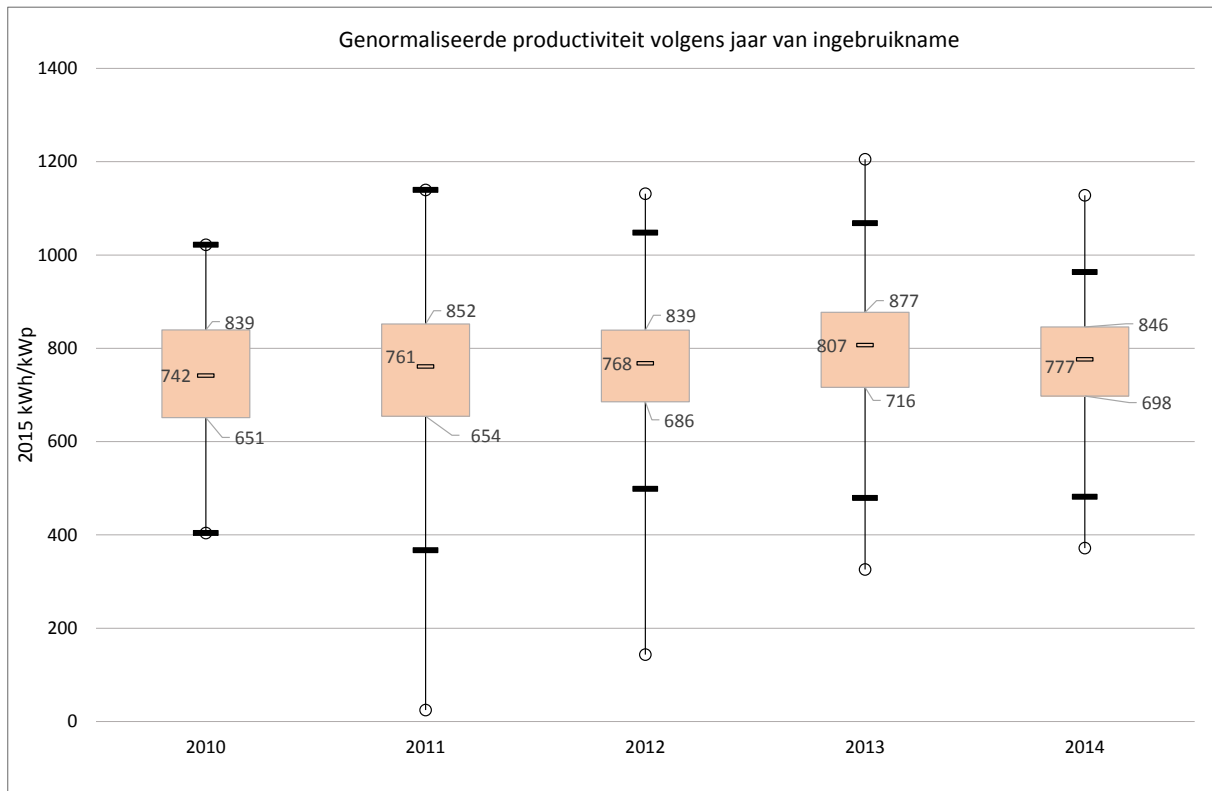
Op basis van de analyse van de mediaan kunnen we vaststellen dat de productiviteit tussen 2010 en 2013 steeg, van een mediane productiviteit van 742 kWh/kWp voor de in 2010 in gebruik genomen installaties naar bijna 807 kWh/kWp in 2013. In 2014 zien we met een mediaan van 777 kWh/kWp een daling, die gedeeltelijk kan worden verklaard door een kleinere steekproef (94 geanalyseerde installaties).

Een andere verklaring is het uitzonderlijke karakter van het jaar van ingebruikname 2013. We zien immers dat in 2013 (zie Tabel 2), 95% van het totale vermogen werd geïnstalleerd door privébedrijven. Het betreft dus grote installaties, vaak op plaatsen zonder schaduw en met een goede oriëntatie, zodat hun productiviteit groter is dan die van de kleine installaties.

Op basis van de analyse van de kwartielen voor het jaar van ingebruikname 2014 kunnen we vaststellen dat de helft van de installaties een productiviteit tussen 698 en 846 kWh/kWp had.

¹⁷ De voor 2010 in gebruik genomen installaties werden niet geanalyseerd, omdat hun aantal klein is (206 en 2007) of sterk van jaar tot jaar varieert.

¹⁸ Aangezien de productiegegevens voor de installaties die in gebruik werden genomen in de loop van 2015 geen volledig jaar dekken, kunnen ze niet adequaat worden geanalyseerd.



Figuur 13: Genormaliseerde productiviteit van de FV-installaties in het BHG in 2015, uitgesplitst volgens het jaar van ingebruikname

5.1.4. Analyse volgens de vermogenscategorieën

Geanalyseerde steekproef

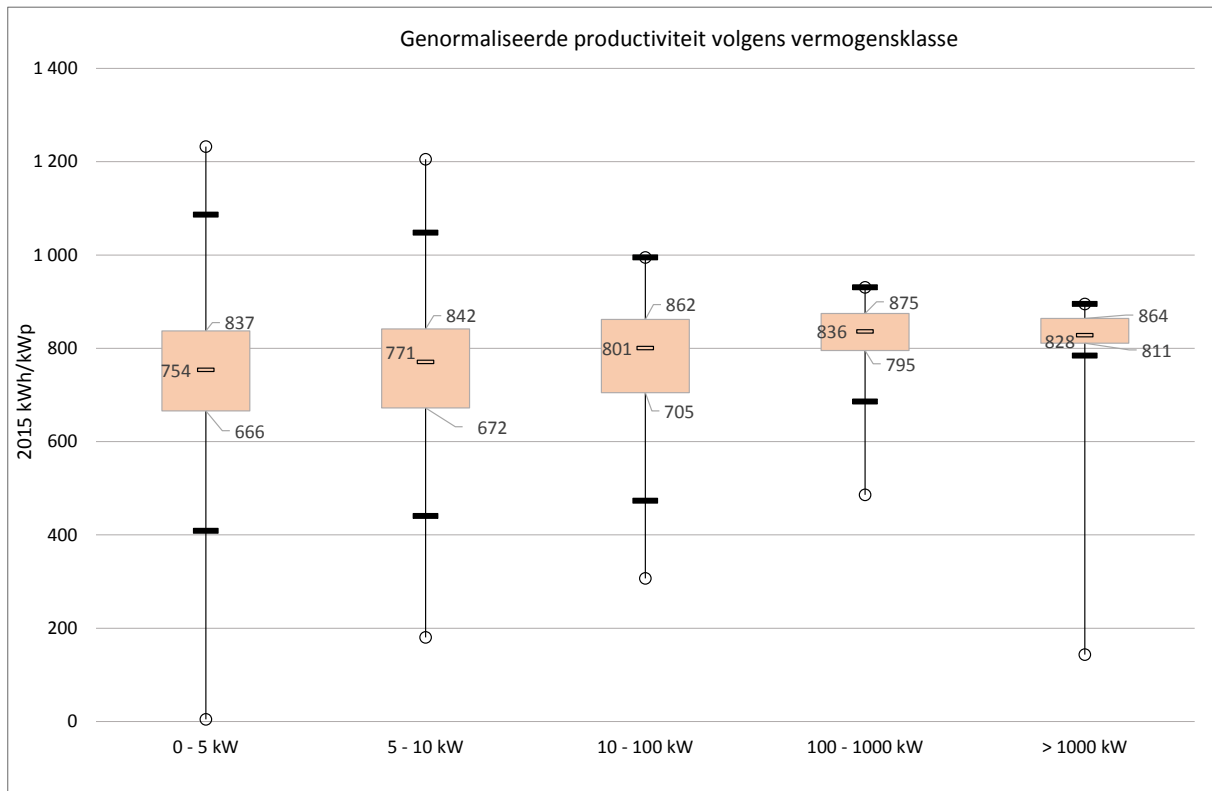
De onderstaande tabel geeft de omvang van de steekproef voor en na de toepassing van de filters voor het genormaliseerde productiejaar 2015. De steekproeven zijn zeer representatief.

Vermogenscategorie (kWp)	0 - 5	5 - 10	10 - 100	100-1 000	> 1.000
Aantal installaties eind 2015	2.709	333	184	82	9
Aantal geanalyseerde installaties	2.175	261	138	67	9
% van de totale steekproef	80%	78%	75%	82%	100%

Tabel 10: Omvang van de steekproef voor de analyse van de genormaliseerde productiviteit in 2015 volgens de vermogenscategorie van de installaties

Resultaten

De Figuur 14 concentreert zich ook op de genormaliseerde productiegegevens voor 2015. Ze toont de distributie van de productiviteit volgens de vermogenscategorie van de installaties:]0-5 kW];]5-10 kW];]10-100 kW];]100-1000 kW] en >1000 kW.



Figuur 14: Genormaliseerde productiviteit van de FV-installaties in het BHG in 2015, uitgesplitst volgens de vermogenscategorie

Op basis van de analyse van de mediaan kunnen we vaststellen dat hoe meer het geïnstalleerde vermogen stijgt, hoe groter de productiviteit, van een mediane installatie van ongeveer 750 kWh/kWp voor de kleine installaties van 0-5 kWp tot bijna 840 kWh/kWp voor de grotere installaties met een vermogen van meer dan 100 kWp. Voor de zeer grote installaties (>1.000 kWp) kan men geen conclusies trekken omdat de steekproef te klein is ($n < 10$).

Op basis van de analyse van de kwartielen kunnen we ook vaststellen dat de distributie van de grote installaties (100 – 1.000 kWp) de neiging vertoont om zich sterk te concentreren rond de mediaan, terwijl de productiviteit van de kleinste installaties sterk verspreid is, met 50% van installaties tussen 666 en 837 kWh/kWp.

Deze grotere spreiding die we vaststellen voor de kleine thuisinstallaties is waarschijnlijk te verklaren door de beperkingen inzake oriëntatie en helling van de daken van residentiële gebouwen, die niet noodzakelijk optimaal zijn voor de blootstelling en weinig speelruimte bieden bij de installatie; beperkingen waarbij vaak nog schaduw effecten komen, gezien de dichtheid van het Brusselse leefgebied. De grotere installaties bevinden zich daarentegen meestal in bedrijven, waar een optimale blootstelling van de panelen kan worden bereikt (plat dak, ruimte beschikbaar zonder schaduw enz.). De grote installaties worden bovendien meestal grondiger opgevolgd, wat toelaat om de productie te optimaliseren en snel in te grijpen bij een defect.

5.2 Prestaties van de installaties

5.2.1. Definitie en segmenteringen van de indicator

Om de prestaties van een fotovoltaïsche installatie te berekenen, vergelijkt men haar productiviteit met die van een referentie-installatie met optimale blootstelling (zuid, 35° zonder schaduw). De referentie-installatie die voor onze analyse werd gekozen, is een installatie gemonitord door APERE, zuid georiënteerd, met een helling van 35°C, gevestigd in de gemeente Ukkel en zonder schaduw¹⁹.

$$\% \text{ prestatie} = \frac{\text{Productiviteit van de installatie}}{\text{Productiviteit van de referentie – installatie}}$$

Een installatie zal conventioneel een "performante installatie" worden genoemd als haar prestatie hoger is dan 75%²⁰, namelijk als haar productiviteit hoger is dan 75% van de productiviteit van de referentie-installatie.

Deze referentiewaarden worden meestal uitgedrukt in kWh per geïnstalleerd kWp. De onderstaande tabel geeft de waarden die in het kader van deze studie in aanmerking werden genomen.

Productiejaar	1981- 1990 ²¹	1998- 2010 ²¹	2011 ²²	2012 ²²	2013 ²²	2014 ²²	2015 ²²
Referentieproductiviteit (kWh/kWp)	850	950	1.032	964	938	1.003	1.049

Tabel 11: Referentieproductiviteit voor een FV-installatie in het BHG

De waargenomen waarden kunnen lager zijn dan deze referentiewaarden vanwege tal van factoren: niet-optimale helling en oriëntatie, aanwezigheid van schaduw, type montage, slechte integratie van de componenten (type panelen en keuze van de omvormers), onvoldoende kwaliteit van de uitvoering van de montage of defect aan de installatie. De waargenomen waarden kunnen ook hoger zijn, wanneer bijvoorbeeld zonnepanelen of meer geavanceerde paneeltechnologieën worden gebruikt. BRUGEL heeft echter geen gegevens over deze verschillende factoren voor elke FV-installatie.

¹⁹ Zie APERE voor meer informatie (<http://www.meteo-renouvelable.be/Photovoltaïque/Historique>)

²⁰ Op basis van de gegevens van PVGIS (<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>) zou een productiviteitsverlies van meer dan 25% slechts mogen worden vastgesteld bij een installatie waarvan de oriëntatie en de helling van de panelen onredelijk afwijken van de optimale omstandigheden.

²¹ Bron: JRC-PVGIS (<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>)

²² Bron: APERE (<http://www.meteo-renouvelable.be/Photovoltaïque/Historique>)

5.2.2. Analyse van de prestatie in 2015

Geanalyseerde steekproef

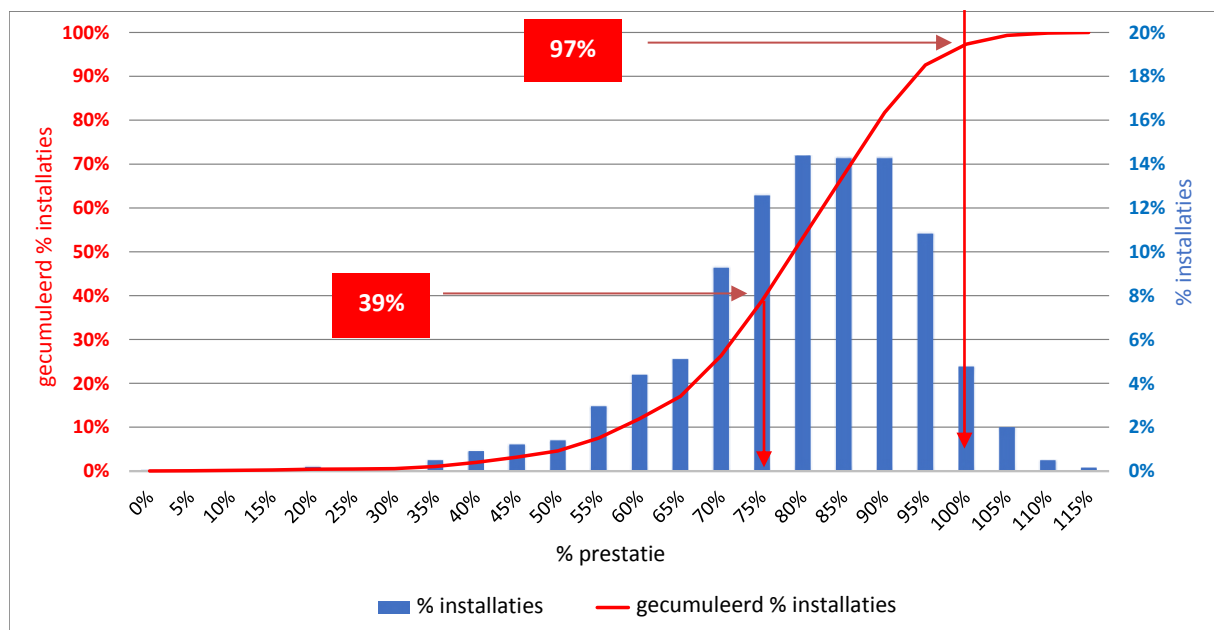
De onderstaande tabel geeft de omvang van de geanalyseerde steekproef. Meer dan 83% van de installaties werd geanalyseerd (na toepassing van de filters), wat als een representatieve steekproef wordt beschouwd.

Productiejaar	2015
Aantal van 2006 tot 2014 in het BHG in gebruik genomen installaties	3.194
Aantal geanalyseerde installaties	2.643
% van de totale steekproef	83%

Tabel 12: Omvang van de steekproef voor de analyse van de prestaties in 2015

Resultaten

Figuur hieronder toont de distributie van de tussen 2006 en 2014 in gebruik genomen installaties voor het productiejaar 2015²³ volgens hun prestatieklasse²⁴.



Figuur 15: Distributiecurve van de FV-installaties in het BHG in 2015 volgens hun prestatie

We stellen vast dat **39%** van de installaties een prestatie vertoont kleiner dan of gelijk aan 75%, de limiet die voor een performante installatie werd gedefinieerd.

²³ Dit betreft de reële, dus niet-genormaliseerde productie.

²⁴ De prestatiegegevens werden verzameld per prestatieklasse met een stap van 5% (klasse 75% = [72,5% – 77,5%])

Hieruit kunnen we dus afleiden dat iets meer dan **60%** van de installaties van het actieve Brusselse park in 2015 voldoende productief was om als een performante **installatie** te worden beschouwd.

We stellen ook vast dat minder dan **3%** van de installaties een rendement heeft van meer dan 100% en dus de productiviteit van de door de APERE gemonitorde installatie overtreft.

5.2.3. Evolutive analyse volgens het jaar van ingebruikname van 2011 tot 2014

Geanalyseerde steekproef

De onderstaande tabel geeft de omvang van de geanalyseerde steekproef na toepassing van de filters. Ze omvat ten minste 80% van de installaties.

Jaar van ingebruikname	2011	2012	2013	2014
Aantal van 2006 tot 2014 in het BHG in gebruik genomen installaties	304	423	439	118
Aantal geanalyseerde installaties	267	354	368	93
% van de totale steekproef	88%	84%	84%	79%

Tabel 13: Omvang van de steekproef voor de analyse van prestaties in 2015 per jaar van ingebruikname

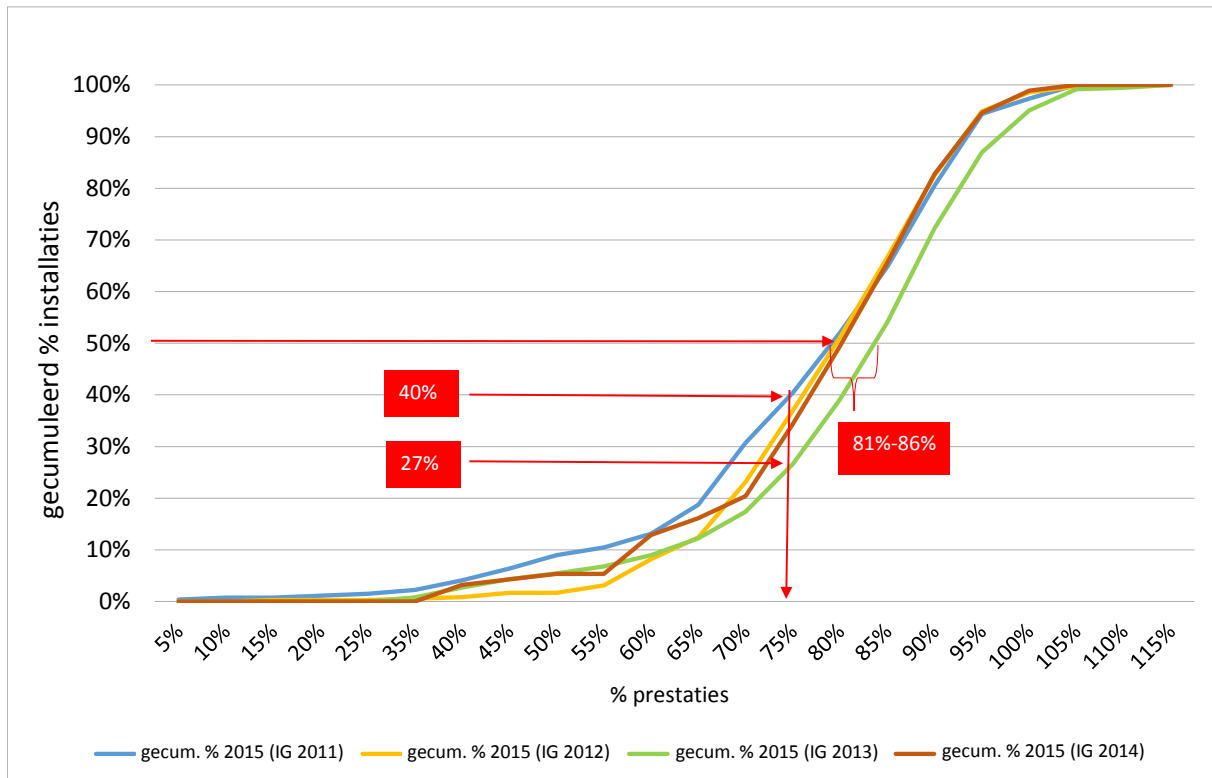
Resultaten

Figuur hieronder toont de distributie van de tussen 2011 en 2014 in gebruik genomen installaties volgens hun prestatieklasse²⁵.

We stellen vast dat **40%** van de in 2011 in gebruik genomen installaties een prestatie vertoont kleiner dan of gelijk aan 75%, de limiet die voor een performante installatie werd gedefinieerd, tegenover **37%** in 2012, **27%** in 2013 en **34%** in 2014.

We stellen ook vast dat de prestatie van de mediane installatie van jaar tot jaar licht verbetert, met 50% van de installaties met een prestatie kleiner dan of gelijk aan 81% voor de in 2011 in gebruik genomen installaties, 82% voor 2012 en 86% voor 2013. Voor 2014 is de mediaan 83%, dus lager dan in 2013 maar hoger dan in 2011 en 2012. Zoals al aangestipt voor de productiviteit, werd 2013 gekenmerkt door de ingebruikname van grote installaties met een hogere productiviteit en dus ook hogere prestaties dan de kleine installaties.

²⁵ De prestatiegegevens werden verzameld per prestatieklasse met een stap van 5% (klasse 75% = [72,5% – 77,5%])



Figuur 16: Distributiecurve van de FV-installaties in het BHG in 2015 volgens hun prestaties voor de 4 laatste jaren van ingebruikname

5.2.4. Analyse volgens de vermogenscategorie

Geanalyseerde steekproef

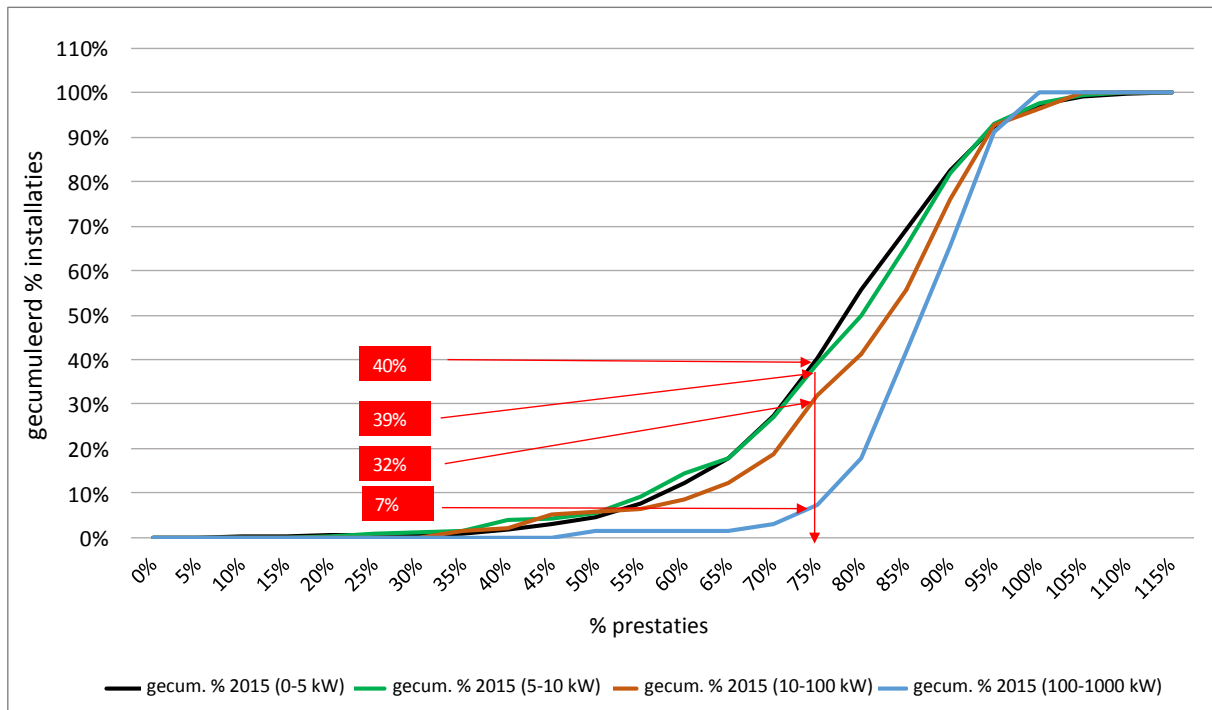
De onderstaande tabel geeft de omvang van de geanalyseerde steekproef na toepassing van de filters.

Vermogenscategorie (kWp)	0-5	5 - 10	10-100	100-1 000
Aantal van 2006 tot 2014 in het BHG in gebruik genomen installaties	2.633	315	164	73
Aantal geanalyseerde installaties	2.170	259	138	67
% van de totale steekproef	82%	82%	84%	92%

Tabel 14: Omvang van de steekproef voor de analyse van prestaties in 2015 per vermogenscategorie

Resultaten

Figuur hieronder toont de distributie van de installaties van het productiepark 2015 volgens hun prestatie categorie voor 4 vermogenscategorieën van de installaties:]0-5 kW];]5-10 kW];]10-100 kW];]100-1000 kW].



Figuur 17: Distributiecurve van de FV-installaties in het BHG in 2015 volgens hun prestaties per vermogenscategorie van de installaties

We stellen vast dat slechts 7% van de installaties > 100 kWp een prestatie van minder dan 75% heeft. Voor de kleinere installaties van minder dan 10 kWp stellen we vast dat ongeveer 40% van de installaties een prestatie onder de prestatiedrempel van 75% heeft. Voor de installaties van de vermogenscategorie tussen 10 en 100 kWp, blijft 32% van de installaties onder de minimumdrempel.

5.3 Vaststellingen op basis van de productiviteits- en prestatieanalyses

De jaarlijkse stijging van de **productiviteit** tot in 2014 lijkt gestopt te zijn in 2015, een jaar met een lichte daling.

In 2015 hebben de grote installaties (>100 kWp) een **productiviteit** en dus een **performantie** duidelijk boven die van de kleine installaties (<10 kWp).

Iets meer dan 60% van de installaties van het Brusselse park bereikt een **performantie** van meer dan 75% en kan als een performante installatie worden beschouwd.

De in 2013 in gebruik genomen installaties zijn duidelijk **performanter** dan die van de andere geanalyseerde jaren (2011, 2012 en 2014).

6 Prijs van de installaties

De hierna voorgestelde analyse van de prijzen van de fotovoltaïsche installaties die op de Brusselse markt werden toegepast in de periode 2012-2015 vult de prijsanalyse aan die BRUGEL jaarlijks uitvoert in het kader van de actualisering van de economische parameters van de berekeningsformule voor de vermenigvuldigingscoëfficiënt die wordt toegepast op het aantal aan de fotovoltaïsche installaties toekende GSC .

Deze analyse heeft tot doel de impact te kwantificeren van de verschillende factoren die de totale kosten van een fotovoltaïsche installatie kunnen beïnvloeden, op basis van de informatie in de databank van BRUGEL: jaar van ingebruikname, vermogen van de installatie, land van herkomst van de fabrikant van de panelen en technologie (specifiek vermogen van het paneel in Wp/m²).

De in de databank opgenomen prijzen worden verondersteld het geheel van de kosten van het project²⁶ te dekken en worden niet gecorrigeerd om rekening te houden met eventuele bijkomende kosten die niet zijn vermeld in het dossier dat bij BRUGEL wordt ingediend. Alle vermelde prijzen zijn inclusief btw²⁷. De in de verschillende onderstaande analyses vermelde prijs is altijd uitgedrukt te opzichte van het geïnstalleerde vermogen van de installatie (EUR/kWp).

6.1 Prijs per kWp volgens van het jaar van ingebruikname

Geanalyseerde steekproef

De onderstaande tabel toont de informatie over de omvang van de steekproef waarop de analyse werd uitgevoerd na toepassing van de filters, en haar representativiteit ten opzichte van het gehele fotovoltaïsche park dat in gebruik werd genomen in de periode 2012-2015. We stellen vast dat we een goede representativiteit behouden na toepassing van de filters.

Jaar van ingebruikname	2012	2013	2014	2015	2012-2015
Aantal installaties van de totale steekproef	423	439	118	123	1.103
Aantal geanalyseerde installaties	357	396	99	107	959
% van de totale steekproef	84%	90%	84%	87%	87%

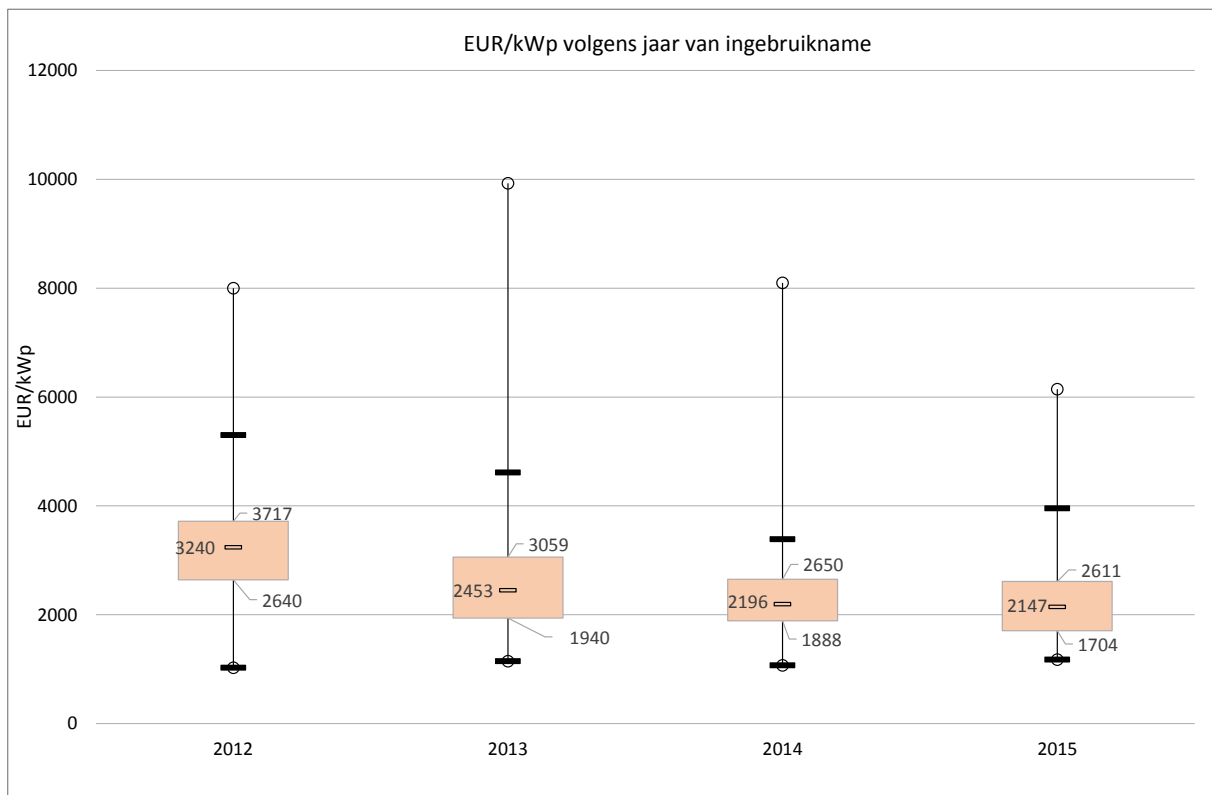
Tabel 15: Omvang en representativiteit van de steekproef

Resultaten

De onderstaande figuur toont de verkregen distributie van de prijs van de installaties (EUR/kWp)

²⁶ De meerkost verbonden met de studies (stabiliteit, wind enz.) en de prijs van de meter van Sibelga worden echter niet in aanmerking genomen.

²⁷ De btw bedraagt 6% voor de werken en 21% voor de uitrustingen.



Figuur 18: Prijs van de installaties in de periode 2012-2015 (EUR/kWp)

Op basis van de analyse van de mediaan kunnen we vaststellen dat de totale prijs van de installaties (incl. btw) tussen 2012 en 2015 met 34% gedaald is, van 3.240 EUR/kWp naar 2.147 EUR/kWp. De spreiding van de steekproef concentreert zich rond deze mediaan in 2014 en in mindere mate in 2015. Op basis van de analyse van de kwartielen kunnen we vaststellen dat 50% van de installaties in 2015 tussen 1.704 en 2.611 EUR/kWp kostte.

6.2 Prijs in kWp volgens de vermogenscategorie

Geanalyseerde steekproef

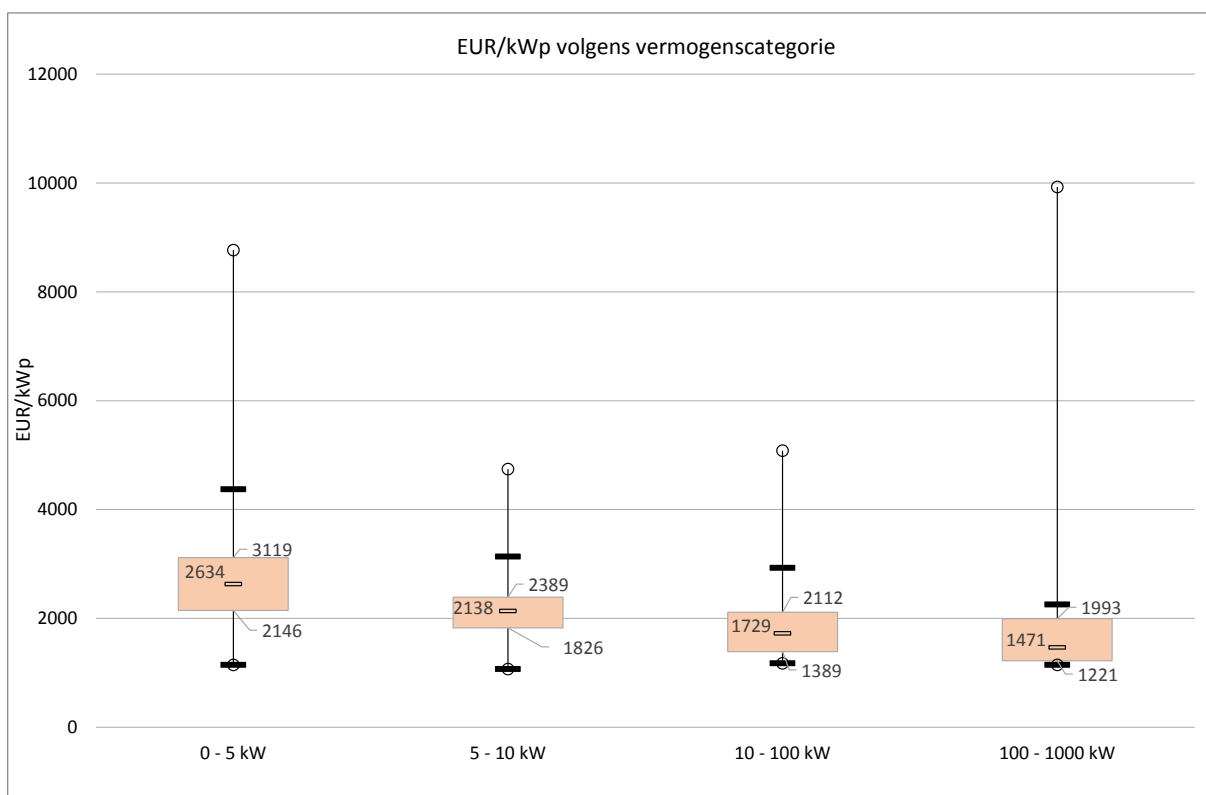
De onderstaande tabel geeft de omvang van de geanalyseerde steekproef na toepassing van de filters. De representativiteit van de steekproef neemt af voor de vermogens van meer dan 100 kWp. Dit is vooral te wijten aan een gebrek aan informatie over de prijs voor een groot aantal installaties. Het aantal installaties van de categorie 100-1.000 kWp blijft echter voldoende om significante resultaten op te leveren. De categorie > 1.000 kWp is niet geanalyseerd, aangezien de enkele beschikbare gegevens te onsamenhangend zijn (grote spreiding van de prijzen voor een kleine steekproef).

Vermogenscategorie (kWp)	0 - 5	5 - 10	10 - 100	100-1 000	> 1.000	Totaal (2013-2015)
Aantal installaties van de steekproef	386	135	91	62	6	680
Aantal geanalyseerde installaties	355	125	80	39	3	602
% van de steekproef	92%	93%	88%	63%	50%	89%

Tabel 16: Omvang en representativiteit van de steekproef (2013-2015)

Resultaten

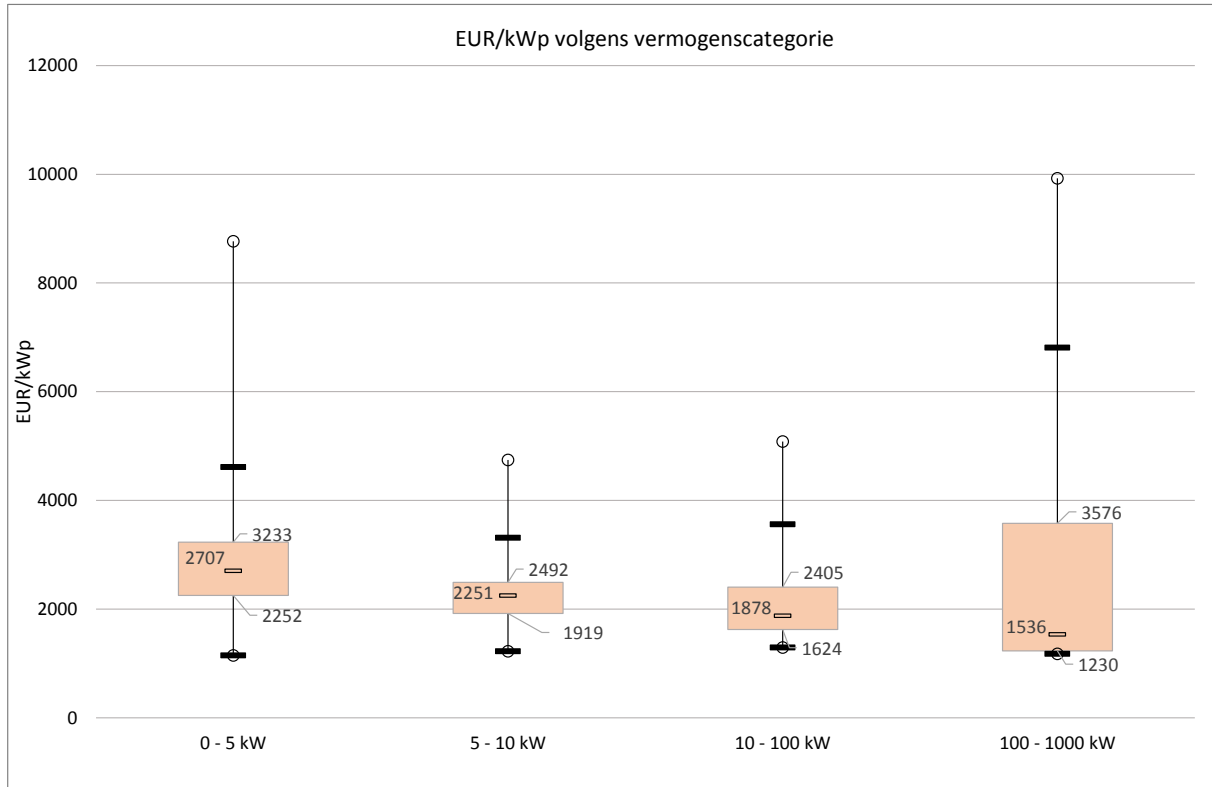
De figuur hieronder toont de distributie van de prijs van de installaties (EUR/kWp) volgens de vermogenscategorie van de installaties:]0-5 kW];]5-10 kW];]10-100 kW];]100-1000 kW].



Figuur 19: Prijs van de installaties volgens de vermogenscategorie van de installaties (EUR/kWp)

Op basis van de analyse van de mediaan kunnen we vaststellen dat de prijs per kWp afneemt naarmate de installatie groter is, van een mediane prijs van ongeveer 2.634 EUR/kWp voor de kleine installaties van 0-5 kWp tot meer dan 1.470 kWh/kWp voor de grote installaties met een vermogen van 100-1.000 kWp. De grote installaties zijn dus 44% goedkoper dan de kleine installaties.

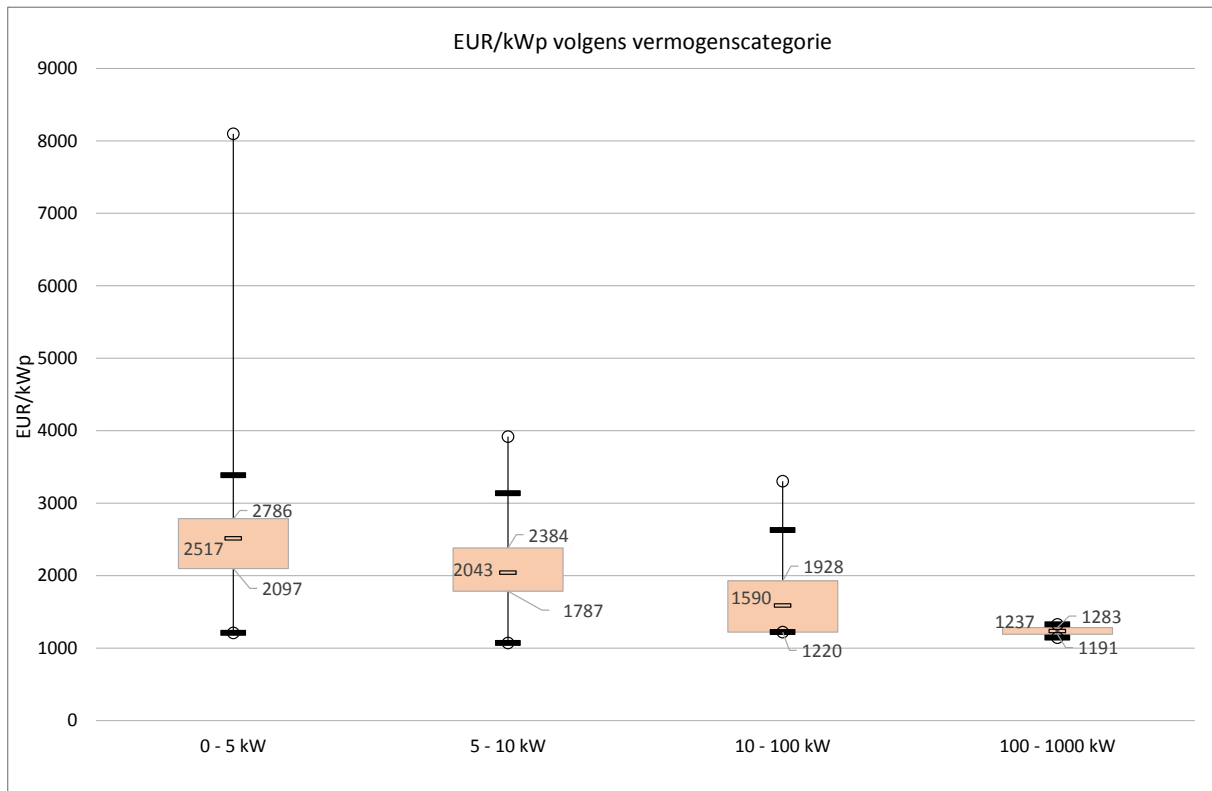
De volgende drie figuren tonen de distributie van de prijs van de installaties (EUR/kWp) volgens de vermogenscategorie van de installaties voor elk geanalyseerd jaar van ingebruikname (2013 tot 2015). De analyse van de mediaan toont dat de dalende trend van de prijs per kWp van jaar tot jaar aanhoudt. In de spreiding van de distributie van de prijs per kWp zien we variaties van jaar tot jaar, vooral voor de installaties van 100-1.000 kWp.



Figuur 20: Prijs van de installaties per vermogenscategorie (EUR/kWp) – jaar 2013

Vermogenscategorie (kWp)	0 - 5	5 - 10	10 - 100	100-1 000	> 1.000	Totaal (2013)
Aantal installaties van de steekproef	242	90	55	46	6	439
Aantal geanalyseerde installaties	231	84	48	30	3	396
% van de steekproef	95%	93%	87%	65%	50%	90%

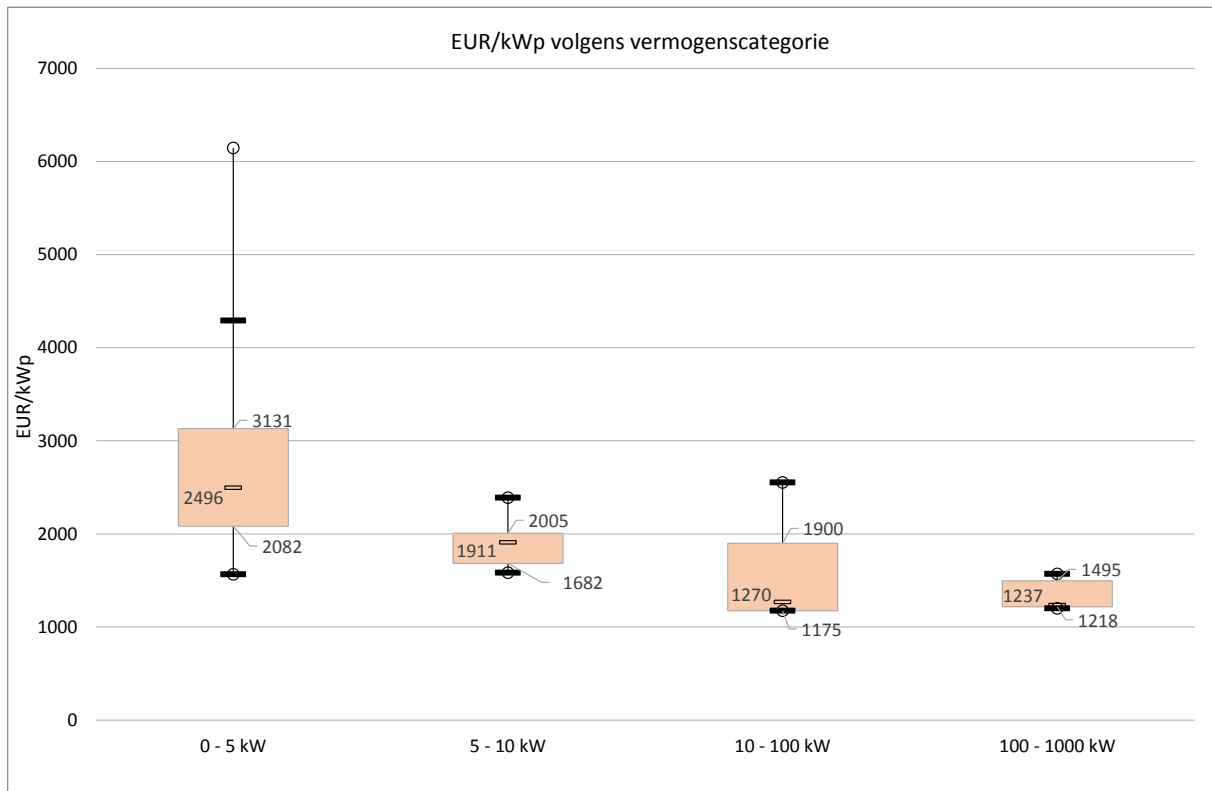
Tabel 17: Omvang en representativiteit van de steekproef (2013)



Figuur 21: Prijs van de installaties per vermogenscategorie (EUR/kWp) – jaar 2014

Vermogenscategorie (kWp)	0 - 5	5 - 10	10 - 100	100-1 000	> 1.000	Totaal (2014)
Aantal installaties van de steekproef	68	27	16	7	0	118
Aantal geanalyseerde installaties	57	25	15	2	0	99
% van de steekproef	84%	93%	94%	29%	-	84%

Tabel 18: Omvang en representativiteit van de steekproef (2014)



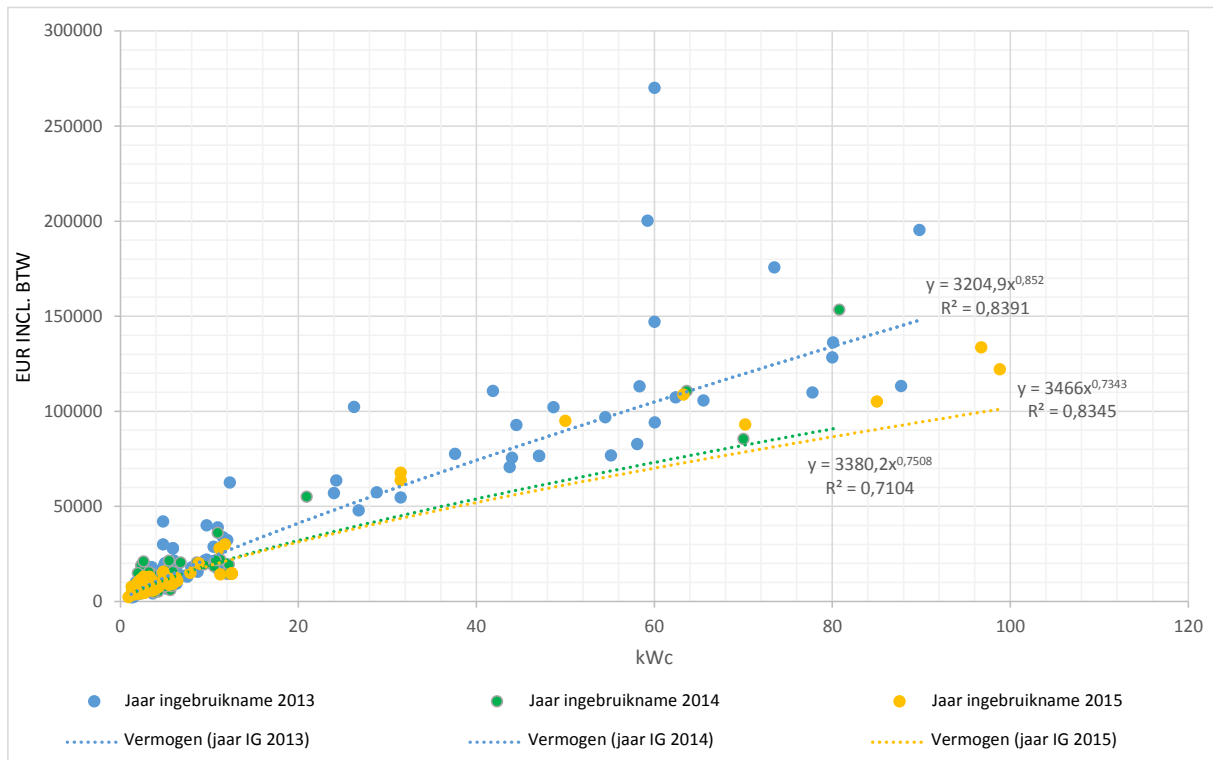
Figuur 22: Prijs van de installaties per vermogenscategorie (EUR/kWp) – jaar 2015

Vermogenscategorie (kWp)	0 - 5	5 - 10	10 - 100	100-1 000	> 1.000	Totaal (2015)
Aantal installaties van de steekproef	76	18	20	9	0	123
Aantal geanalyseerde installaties	67	16	17	7	0	107
% van de steekproef	88%	89%	85%	78%	-	87%

Tabel 19: Omvang en representativiteit van de steekproef – jaar 2015

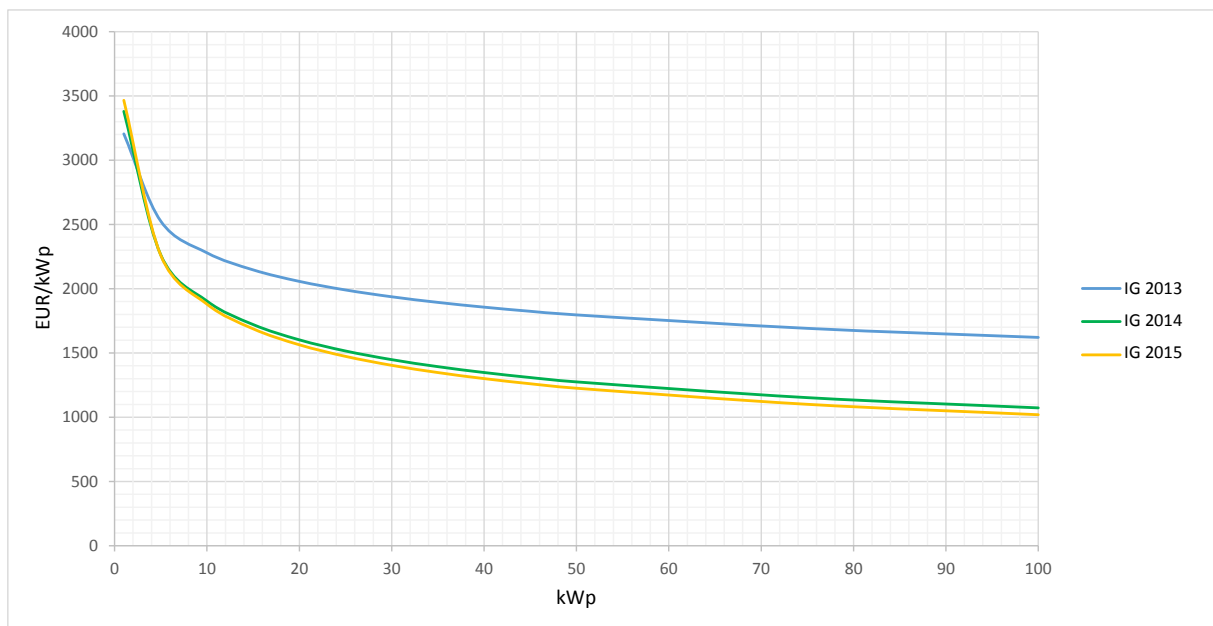
Aangezien de voorgaande analyses duidelijk een daling van de prijs per kWp aantonen van de installaties volgens het geïnstalleerde vermogen, wordt een aparte raming gemaakt van het schaafeffect voor elk jaar (2013 tot 2015). Deze analyse is echter beperkt tot de vermogenscategorieën van minder dan 100 kWp, omdat de hogere categorieën minder representatief zijn (zie hoger) voor dit soort oefening.

De schaafeffecten worden meestal gekenmerkt door een machtswet. De figuur hieronder toont de goede correlatie die wordt verkregen met een machtswet voor de jaren 2013 ($r^2=84\%$) en 2015 ($r^2=83\%$) en in minder mate voor het jaar 2014 ($r^2=71\%$).



Figuur 23: Prijs van de FV-installaties per jaar van ingebruikname volgens het geïnstalleerde vermogen

De verkregen schaalwetten worden getoond in figuur hierboven.



Figuur 24: Schaalwetten verkregen voor de installaties met een vermogen van]0-100 kWp]

6.3 Evolutie van de prijs volgens de herkomst van de panelen

Geanalyseerde steekproef

Ter herinnering, we gaan ervan uit dat het land van herkomst van de panelen het land is waar de belangrijkste productielijn van de panelen gevestigd is.

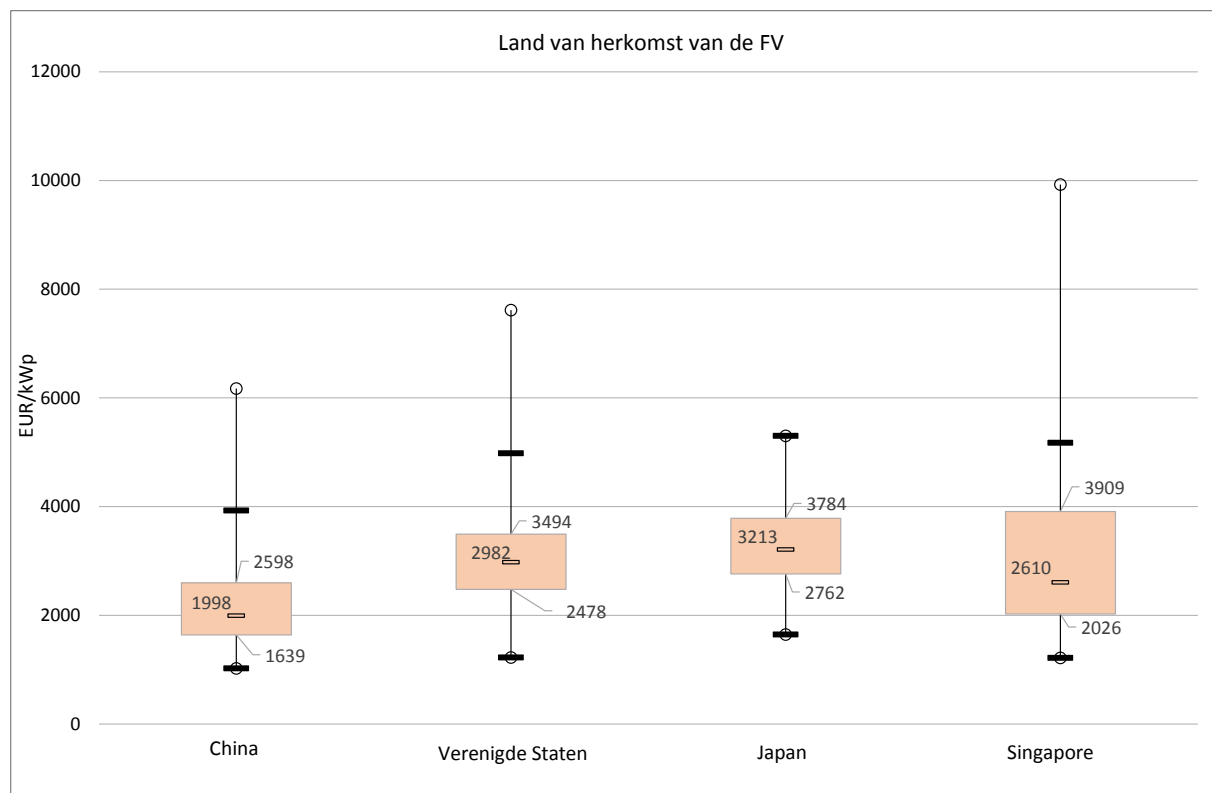
De onderstaande tabel geeft de omvang van de geanalyseerde steekproef na toepassing van de filters. De belangrijkste filtering houdt verband met een gebrek aan informatie over de prijs voor bepaalde installaties.

Herkomst van de panelen	China	Verenigde Staten	Japan	Singapore
Aantal installaties van de steekproef	249	340	46	38
Aantal geanalyseerde installaties	205	306	40	36
% van de totale steekproef	82%	90%	87%	95%

Tabel 20: Omvang en representativiteit van de steekproef (2012-2015)

Resultaten

De onderstaande figuur toont de distributie van de prijs van de installaties (EUR/kWp) volgens het land waar de panelen werden geproduceerd.



Figuur 25: Prijs van de installaties volgens het land van herkomst van de panelen (EUR/kWp)

Op basis van de analyse van de mediaan kunnen we aanzienlijke prijsverschillen vaststellen tussen de verschillende landen van herkomst van de panelen. De mediane prijs van een installatie met in China gefabriceerde panelen ligt 33% lager dan die van een installatie waarvan de panelen in de Verenigde Staten werden gefabriceerd en bijna 40% lager dan die van een installatie waarvan de panelen in de Japan werden gefabriceerd.

In dit stadium moet erop worden gewezen dat er correlatie-effecten kunnen bestaan tussen de eerder onderzochte factoren (jaar van ingebruikname en vermogenscategorie) en de factor herkomst van de panelen. Deze analyse werd echter niet uitgevoerd in het kader van deze studie.

6.4 Evolutie van de prijs volgens de technologie

Geanalyseerde steekproef

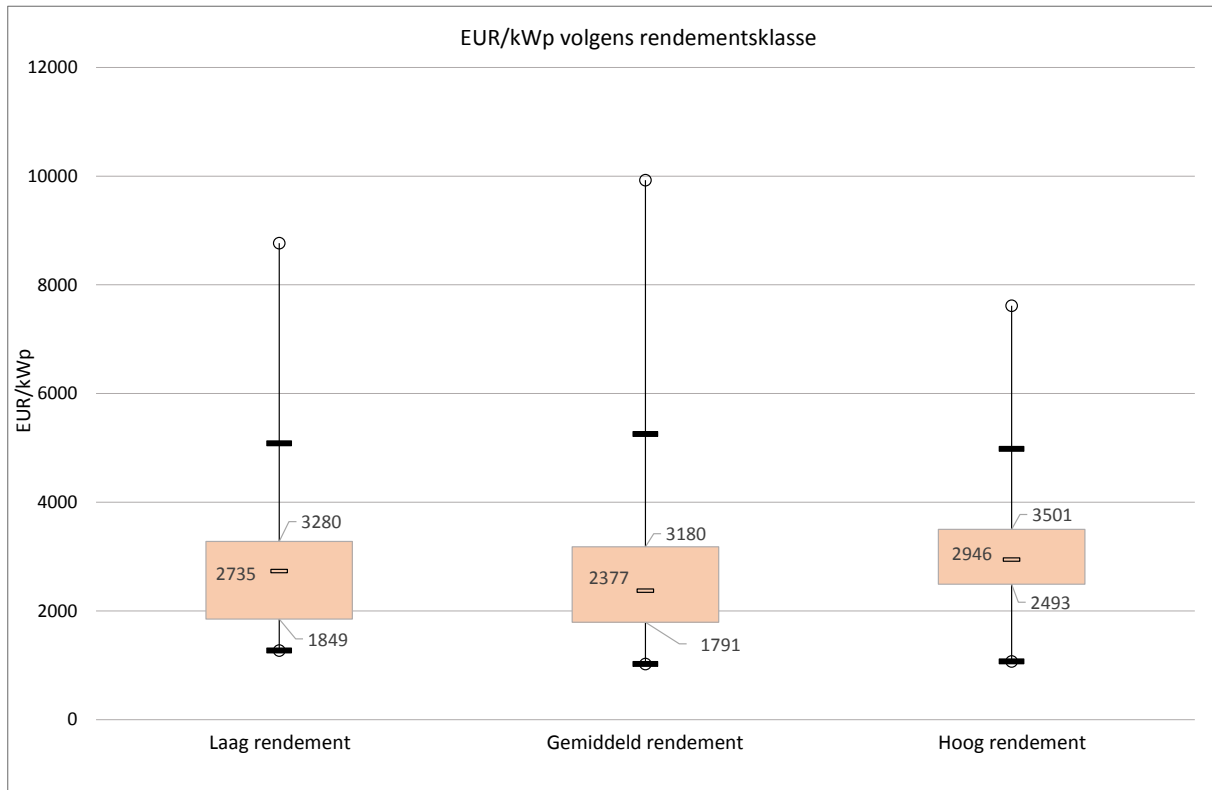
De onderstaande tabel geeft de omvang van de geanalyseerde steekproef na toepassing van de filters. De omvang van de steekproef voor de categorie 'Laag rendement' is relatief klein. Deze klasse wordt ter informatie vermeld.

Technologie	Laag rendement	Gemiddeld rendement	Hoog rendement
Aantal installaties van de steekproef	40	621	420
Aantal geanalyseerde installaties	30	538	391
% van de totale steekproef	75%	87%	93%

Tabel 21: Omvang en representativiteit van de steekproef

Resultaten

De volgende figuur toont de distributie van de prijs van de installaties (EUR/kWp) volgens de drie types technologieën die in aanmerking werden genomen.



Figuur 26: Prijs van de FV-installaties in het BHG volgens het type technologie (EUR/kWp)

Op basis van de analyse van de mediaan kunnen we een prijsverschil vaststellen tussen de categorie 'Gemiddeld rendement' en de categorie 'Hoog rendement' voor de in het BHG gebruikte panelen; de mediane installatie varieert van 2.377 EUR/kWp tot 2.946 EUR/kWp.

Uit de analyse van de kwartielen blijkt echter dat dit verschil gering is, aangezien het hoogste kwartiel van het "Gemiddeld rendement" hoger is dan de mediaan van het "Hoog rendement". Uit de analyse kunnen we dus geen significante correlatie vaststellen tussen de prijs van de installaties en het type technologie.

6.5 Vaststellingen op basis van de prijsanalyses

De mediane prijs is tussen 2013 en 2015 met 12% gedaald.

De schaalearde effecten zijn duidelijk.

De grote installaties (100-1.000 kWp) zijn 44% goedkoper per kWp dan de kleine installaties (0-5 kWp)

De mediane prijs van een installatie met in China gefabriceerde panelen ligt 33% lager dan die van een installatie waarvan de panelen in de Verenigde Staten werden gefabriceerd.

Er bestaat geen significante correlatie tussen de prijs en het rendement van de panelen.

7 Dimensionering

De rentabiliteit van een fotovoltaïsche installatie hangt niet alleen af van de financiële valorisatie van de geproduceerde elektriciteit (zelfverbruik of verkoop op het net), maar ook van de premies, groenestroomcertificaten en andere stimulansen. Wanneer die laatste te gul worden, valt niet uit te sluiten dat installaties worden gebouwd die overgedimensioneerd zijn ten opzichte van de lokale elektriciteitsbehoeften om maximaal gebruik te maken van de beschikbare oppervlakte voor de plaatsing van panelen.

De vergelijking tussen de jaarlijks geproduceerde hoeveelheid van een fotovoltaïsche installatie en de jaarlijkse elektriciteitsbehoeften van de plaats waar ze is geïnstalleerd, maakt het mogelijk om de dimensionering tegenover het verbruiksprofiel van de site te evalueren.

Definitie en segmenteringen van de indicator:

De indicator vergelijkt de elektriciteitsproductie van de installatie zoals ze werd gemeten en geregistreerd in de databank van BRUGEL voor een gegeven jaar met de jaarlijkse elektriciteitsbehoeften, geraamd op basis van de EAV²⁸, geregistreerd door de distributienetbeheerder (SIBELGA) voor de ingebruikname van de installatie:

$$\text{Dimensionering} = \text{FV-productie (kWh/jaar)} / \text{EAV voor de ingebruikname (kWh/jaar)}$$

Geanalyseerde steekproef

De voorgestelde analyse is gebaseerd op de gegevens van de elektriciteitsproductie van 2014, bij gebrek aan meer recente gegevens over de EAV.

Om over productiegegevens te beschikken die het volledige jaar dekken, werd alleen rekening gehouden met de installaties met productiegegevens voor het volledige jaar 2014. Deze installaties werden dus de facto voor 1 januari 2014 in gebruik genomen.

Dimensionering	
Aantal installaties eind 2014	3.163
Aantal geanalyseerde installaties	1.903
% van de totale steekproef	60%

Tabel 22: Omvang en representativiteit van de steekproef

Uiteindelijk bestaat de steekproef, na toepassing van de verschillende filters, uit 1.903 installaties, hetzij 60% van de installaties van het fotovoltaïsch park. Deze waarde wordt voldoende representatief geacht voor het Brusselse fotovoltaïsche park in het kader van deze studie.

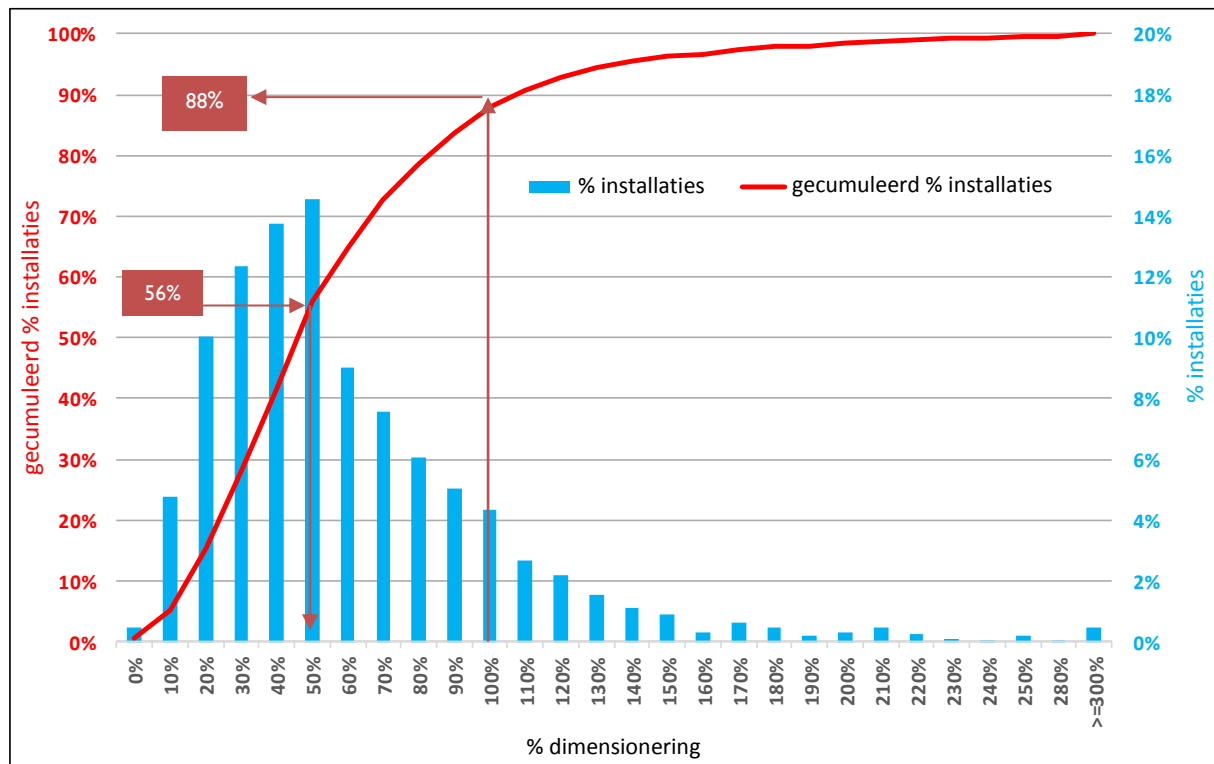
De uitsluiting van 40% van de installaties is voornamelijk te verklaren door het gebrek aan informatie over de productieoverzichten in 2014 en door het grote aantal installaties waarvoor de meegedeelde EAV lager is dan 1.000 kWh. Deze installaties werden ook uitgesloten omdat hun verbruik als niet-relevant wordt beschouwd in het kader van deze analyse.

²⁸ "Estimated Annual Value"

De dimensionering (of het autonominiveau) die werd berekend in de studie van 2015 over het park van 2014 werd verkregen op basis van minder volledige productiegegevens voor 2014. In de huidige studie is de dimensionering opnieuw berekend op basis van vrijwel volledige gegevens voor 2014, wat de betere representativiteit van de huidige steekproef verklaart.

Resultaten

De onderstaande figuur toont de distributie van de installaties volgens hun dimensionering, ongeacht het type houder.



Figuur 27: Distributie van de installaties volgens hun dimensionering²⁹

We stellen vast dat **56%** van de installaties een dimensionering heeft **kleiner dan of gelijk aan 50%** en dat **12%** een dimensionering heeft van meer dan 100% (overdimensionering).

De verkregen resultaten verschillen niet significant volgens van de vermogenscategorie of het betrokken type houder.

²⁹ De gegevens werden verzameld per dimensioneringscategorie op basis van hun afgeronde waarde (categorie 50% = [45% – 55%])

De onderstaande tabel toont het distributieprofiel van de installaties.

Statistische analyse	
Min	0%
1 ^{ste} kwartiel	33%
Mediaan	51%
3 ^{de} kwartiel	79%
Max	100%
Gemiddelde	61,8%

Tabel 23: Distributie van de steekproef - Dimensionering

Vaststellingen op basis van de analyse van de dimensionering van de installaties

Iets meer dan 88% van de installaties produceert jaarlijks minder elektriciteit dan de lokale jaarlijkse elektriciteitsbehoeften van de plaats van hun inplanting.

8 Zelfverbruiksgraad

De bevordering van het zelfverbruik van de door de decentrale installaties geproduceerde elektriciteit lijkt centraal te staan in het beleid voor de herontwikkeling van de fotovoltaïsche productie in Europa³⁰. We moeten de evolutie van het zelfverbruik van de Brusselse fotovoltaïsche installaties dus aandachtig volgen.

Deze analyse van het zelfverbruik heeft tot doel de hoeveelheden elektriciteit te ramen die door de Brusselse fotovoltaïsche installaties worden geproduceerd en die onmiddellijk worden verbruikt op de plaats waar ze worden geproduceerd, zonder via het net te gaan.

Definitie en segmenteringen van de indicator:

De indicator vergelijkt de hoeveelheid jaarlijks geproduceerde elektriciteit die onmiddellijk zelf wordt verbruikt, berekend op basis van de productie- en injectiegegevens van elke installatie³¹, met de totale hoeveelheid elektriciteit die in hetzelfde jaar werd geproduceerd

$$\% \text{ zelfverbruik} = (\text{Productie (kWh)} - \text{Injectie (kWh)}) / \text{Productie (kWh)}$$

Twee factoren die het zelfverbruik kunnen beïnvloeden, werden geanalyseerd:

- De vermogenscategorie ([0-5 kW];]5-10 kW];]10-100 kW];]100-1000 kW]; >1000 kW)
- Het type houder (Particulier / Overheidsbedrijf / Privébedrijf)

Geanalyseerde steekproef

Bij gebrek aan recentere gegevens over de jaarlijkse opmetingen door de distributienetbeheerder (SIBELGA) is de hier voorgestelde analyse gebaseerd op de laatste beschikbare gegevens, namelijk die van 2014. Aangezien de opnamegegevens vaak twee jaren overlappen, werden ook de gegevens van 2013 in aanmerking genomen.

Onze analyse heeft alleen betrekking op de installaties waarvoor productiemetingen beschikbaar waren voor de periode van de door de distributienetbeheerder verstrekte gegevens.

Zelfverbruik	
Aantal installaties eind 2014	3.163
Aantal geanalyseerde installaties	2.069
% van de totale steekproef	65%

Tabel 24: Omvang van de steekproef

Uiteindelijk bestaat de steekproef, na toepassing van de verschillende filters, uit 2.069 installaties, hetzij 65% van de installaties van het fotovoltaïsch park. Deze waarde wordt voldoende representatief geacht voor het Brusselse fotovoltaïsche park in het kader van deze studie.

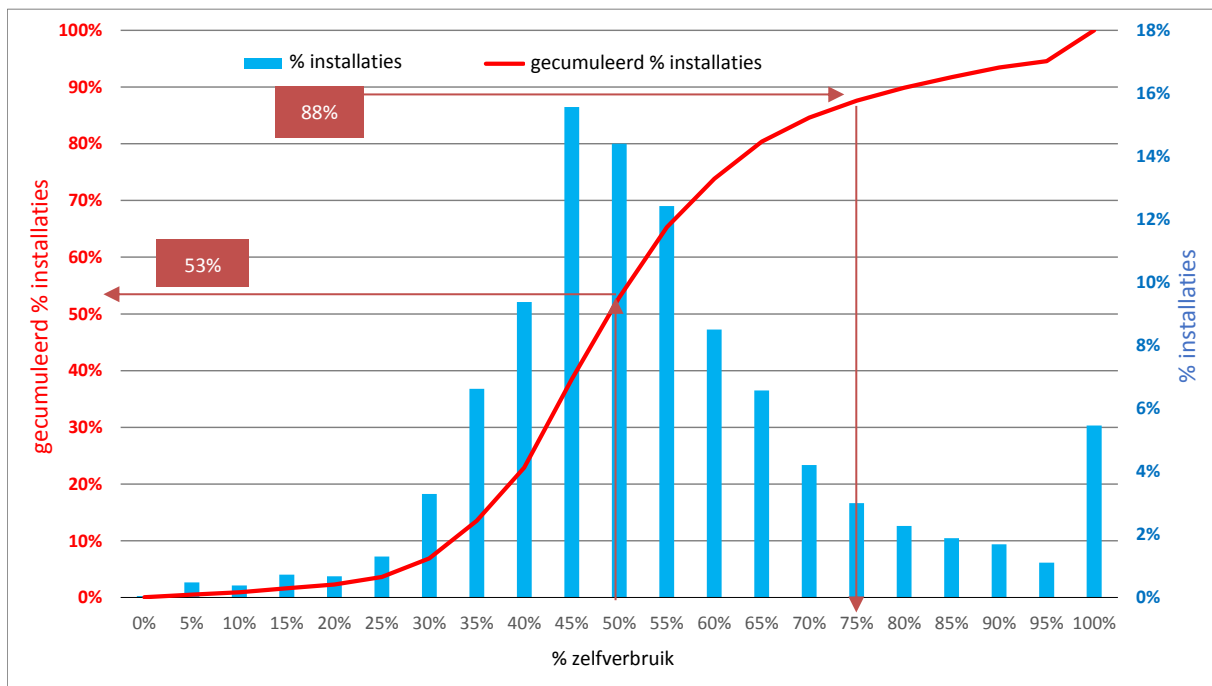
³⁰ Zie onder meer European Commission, *Best practices on Renewable Energy Self-consumption*, SWD(2015) 141 final

³¹ De injectiegegevens werden doorgegeven door de distributienetbeheerder voor alle installaties die over een bidirectionele meter beschikken ("A+A"-meter).

De uitsluiting van 35% van de installaties is vooral het gevolg van ontbrekende opnamegegevens, ontbrekende gegevens over de productie in 2013 of 2014, te korte opnameperioden of een negatief berekende en dus niet-coherente zelfverbruiksgraad.

Resultaten

De onderstaande figuur toont de distributie van de installaties van het productiepark 2014 volgens hun zelfverbruiksklasse.



Figuur 28: Distributie van de installaties volgens hun zelfverbruiksklasse

We stellen vast dat **53%** van de installaties een zelfverbruiksgraad vertoont kleiner dan of gelijk aan de zelfverbruiksklasse³² van 50%. Bijna **12%** heeft een zelfverbruiksgraad hoger dan 75% en **4%** lager dan of gelijk aan 25%. Bijna **6%** van de installaties verbruikt alle door de panelen geproduceerde elektriciteit zelf.

³² De gegevens werden verzameld per zelfconsumptie categorie op basis van hun afgeronde waarde (categorie 50% = [47,5% – 52,5%])

De onderstaande tabel toont het distributieprofiel van de installaties.

Statistische analyse	
Min	0%
1 ^{ste} kwartiel	43%
Mediaan	51%
3 ^{de} kwartiel	61%
Max	100%
Gemiddelde	54,8%

Tabel 25: Distributie van de steekproef - Zelfverbruik

Het globale gemiddelde van het zelfverbruik van het Brusselse FV-park (Totale zelfverbruik / Totale productie) wordt geraamd op 54,8%.

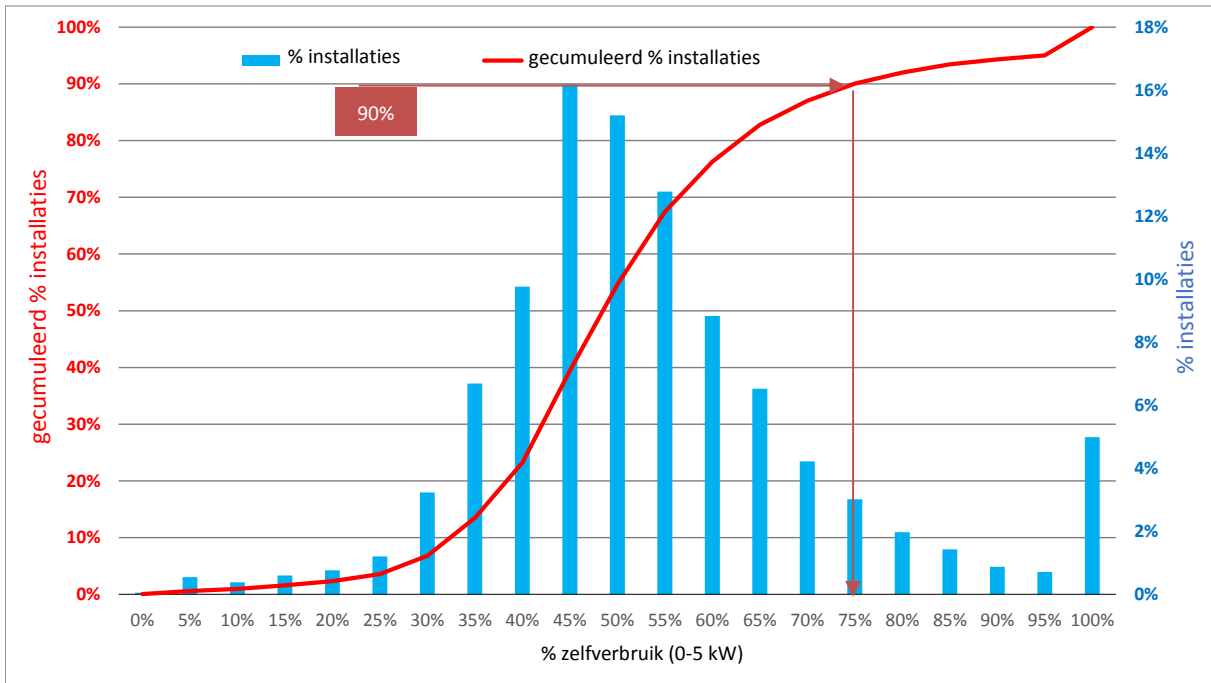
Deze waarde van bijna 55% kan hoog lijken voor het Brusselse park. Dit kan a priori worden verklaard door het relatief hoge aandeel, in termen van geïnstalleerd vermogen, van de installaties van meer dan 5 kWp (zie Tabel 1). Aangezien deze installaties niet van het compensatieprincipe genieten, trachten de producenten uiteraard zoveel mogelijk geproduceerde elektriciteit zelf te verbruiken, om de financiële valorisatie van de lokaal geproduceerde elektriciteit te maximaliseren. Volgens de Europese Commissie stellen we globaal een graad van 50% tot 80% vast voor de niet-residentiële installaties³³.

De analyse van Tabel 25 toont echter aan dat bijna 75% van de installaties een zelfverbruiksgraad hebben van meer dan 43%, waaronder een groot aantal installaties met een vermogen van minder dan 5 kWp die tot nu toe geen stimulans voor zelfverbruik hadden via het compensatieprincipe. Een dergelijk zelfverbruikniveau wordt als hoog beschouwd voor thuisinstallaties, waarvoor men meestal uitgaat van een waarde van 30%³³.

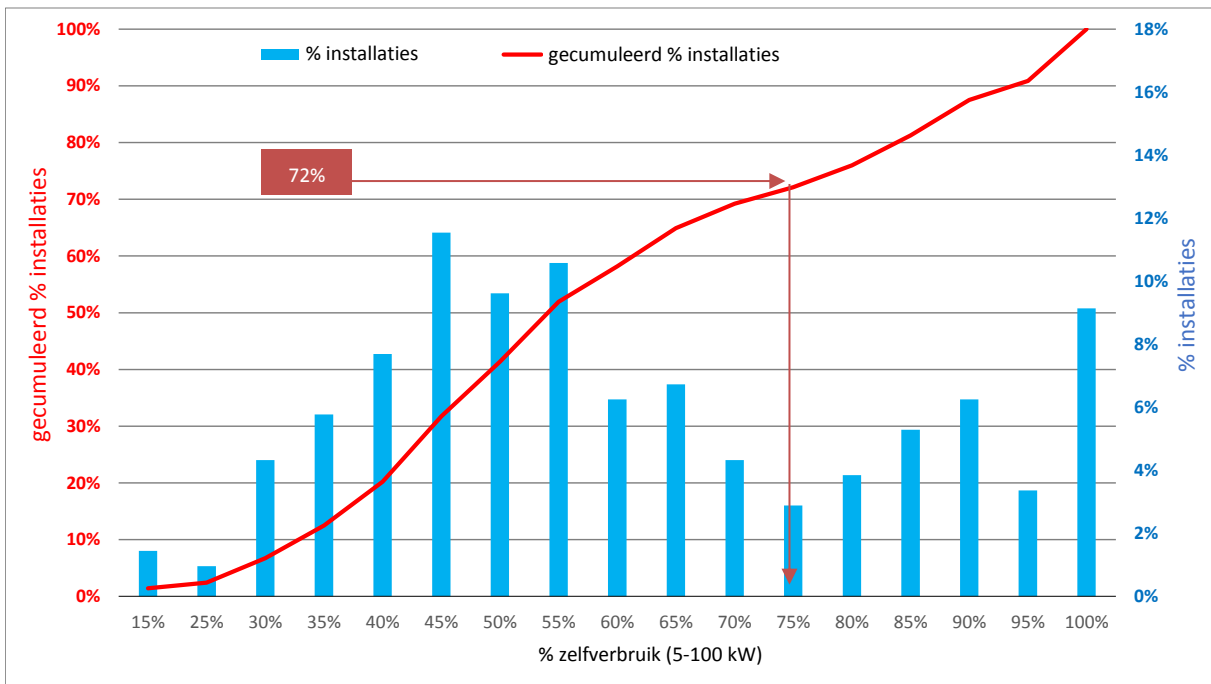
Om deze analyse verder uit te diepen, werd het zelfverbruik berekend per vermogenscategorie en per type klant.

³³ Zie European Commission, *Best practices on Renewable Energy Self-consumption*, SWD(2015) 141 final

De onderstaande figuren tonen de distributie van het productiepark 2014 volgens hun zelfverbruiksklasse voor de vermogenscategorieën 0-5 kWp en 5-100 kWp. De categorieën van meer dan 100 kWp werden niet door een voldoende groot aantal installaties vertegenwoordigd en dus niet in onze analyse opgenomen.



Figuur 29: Distributie van de installaties volgens hun zelfverbruiksklasse – [0-5 kW]



Figuur 30: Distributie van de installaties volgens hun zelfverbruiksklasse – [5-100 kW]

We stellen vast dat de distributie van de installaties van 0 tot 5 kWp erg vergelijkbaar is met de algemene distributie (aangezien de grote meerderheid van de installaties zich in deze categorie bevindt). De distributie van de installaties van 5 tot 100 kWp is minder egaal. Zo toont Figuur 29 dat ongeveer 10% van de installaties van 0 tot 5 kWp een zelfverbruiksgraad heeft van meer dan 75% en dat dit resultaat oploopt tot **28%** voor de installaties van 5 tot 100 kWp (zie Figuur 29).

De onderstaande tabel toont het distributieprofiel van de installaties.

Vermogenscategorie (kW)	0 – 5	5 - 100
Aantal installaties eind 2014	2.597	487
Aantal geanalyseerde installaties	1.823	208
% van de totale steekproef	70%	43%
Min	0%	0%
1 ^{ste} kwartiel	43%	44%
Mediaan	50%	56%
3 ^{de} kwartiel	60%	78%
Max	100%	100%
Gemiddelde	53,8%	61,5%

Tabel 26: Omvang en distributie van de steekproef van 0-5 kWp en 5-100 kWp

Het globale gemiddelde van het zelfverbruik van het geheel van de installaties van 0 tot 5 kWp bedraagt 53,8%. Voor de installaties van 5 tot 100 kWp bedraagt het 61,5%.

Deze analyse bevestigt enerzijds dat de hoogste zelfverbruiksgraad wordt verkregen voor de installaties van meer dan 5 kWp, installaties die het compensatieprincipe niet genieten en er dus toe worden aangezet om het zelfverbruik te maximaliseren. De niveaus die werden waargenomen voor de installaties van meer dan 5 kWp zijn vergelijkbaar met de niveaus die we in de andere Europese landen vaststellen voor niet-residentiële installaties (zie hoger). De niveaus die werden waargenomen voor de installaties die van het compensatieprincipe genieten (voornamelijk residentiële installaties) zijn daarentegen hoger dan verwacht.

Bijkomende analyses van meer recente gegevens zouden nuttig zijn om te verklaren waarom deze resultaten aanzienlijk verschillen van de waarden die meestal worden aangekondigd voor de residentiële sector.

De analyse per type klant voegt geen bijkomende elementen toe aan de analyse per vermogenscategorie. In de wetenschap dat 90% van de installaties van minder dan 5 kWp eigendom is van particulieren en dat 96% van de installaties van meer dan 10 kWp eigendom is van bedrijven (zie Tabel 1) zijn de verwachte resultaten voor deze 2 groepen erg vergelijkbaar met de resultaten per vermogenscategorie.

De onderstaande tabel geeft de resultaten per type houder en toont inderdaad een distributieprofiel van de installaties dat vergelijkbaar is met Tabel 26.

Type houder	Particulieren	Privébedrijven
Aantal installaties eind 2014	2.634	440
Aantal geanalyseerde installaties	1.877	180
% van de totale steekproef	71%	41%
Min	0%	0%
1 ^{ste} kwartiel	43%	48%
Mediaan	50%	64%
3 ^{de} kwartiel	60%	88%
Max	100%	100%
Gemiddelde	53,3%	68,7%

Tabel 27: Omvang en distributie van de steekproef van particuliere en privéklanten

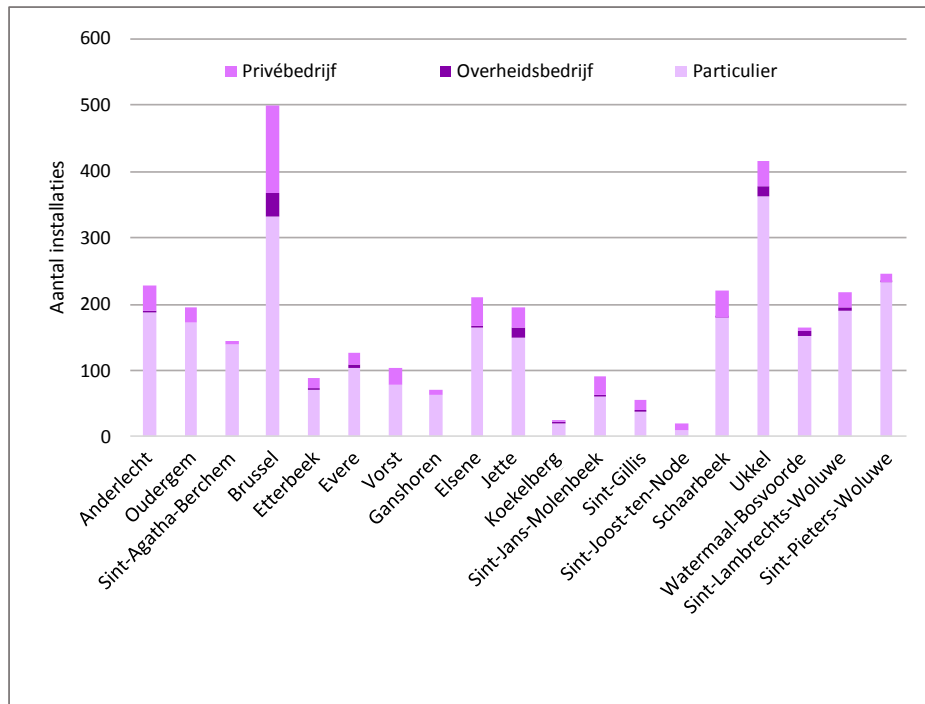
De overheidsbedrijven worden niet geanalyseerd omdat hun steekproef te klein is.

Vaststellingen op basis van de analyse van het zelfverbruik

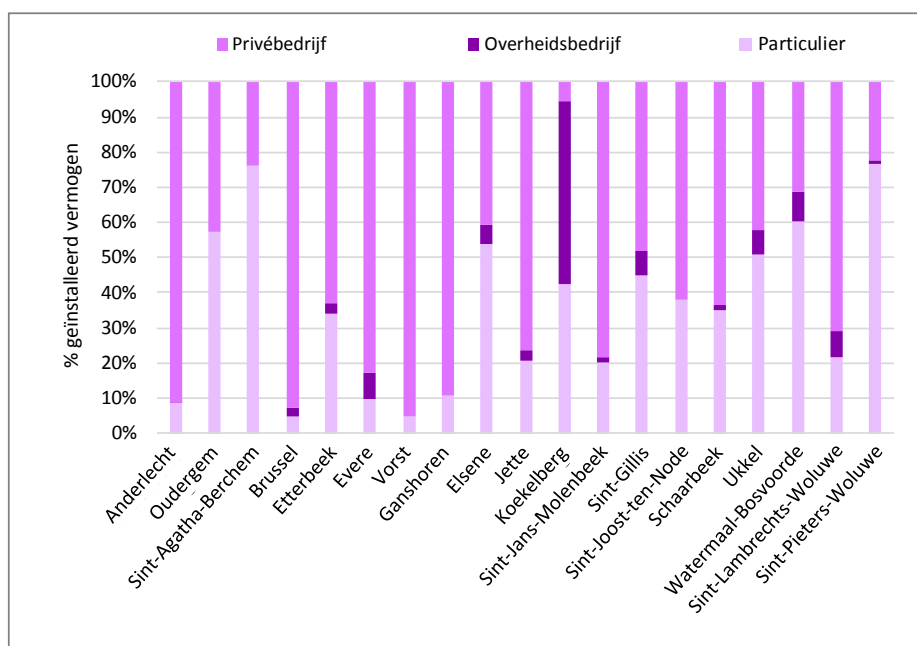
47% van de installaties heeft een zelfconsumptie van meer dan 50%.
 Het gemiddelde van het park bedraagt 54,8% zelfconsumptie.

9 Gemeentelijke analyse van het fotovoltaïsche park

De drie onderstaande figuren tonen het fotovoltaïsche park in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest op het niveau van de gemeenten (situatie eind 2015). De gegevens van de gemeenten worden in de bijlage voorgesteld in de vorm van cijfertabellen (zie II Bijlage: Cijfertabellen van de gemeentelijke gegevens).



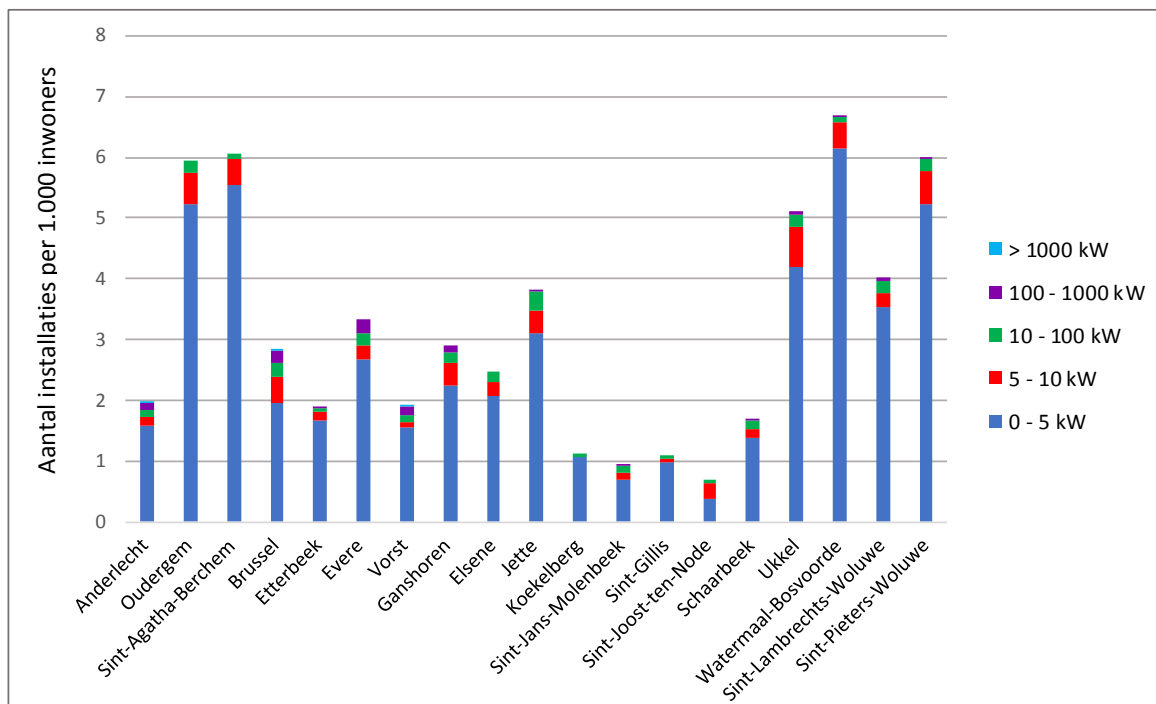
Figuur 31: Gemeentelijk FV-park eind 2015 per type houder



Figuur 32: Spreiding van het geïnstalleerde vermogen van elk gemeentelijk FV-park per type houder

Het aantal ingeplante installaties verschilt sterk van de ene gemeente tot de andere, ongeacht het type houder. Hoewel Brussel-Stad het grootste aantal FV-installaties telt, hebben de gemeenten met de grootste bevolking niet noodzakelijk het grootste aantal installaties.

Figuur hierboven toont de spreiding van het geïnstalleerde vermogen van het FV-park, uitgedrukt in % per type houder op gemeentelijke niveau. In termen van vermogen stellen we vast dat in veel gemeenten de privébedrijven in de meerderheid zijn in, terwijl ze in termen van het aantal installaties vaak een minderheid vertegenwoordigen.



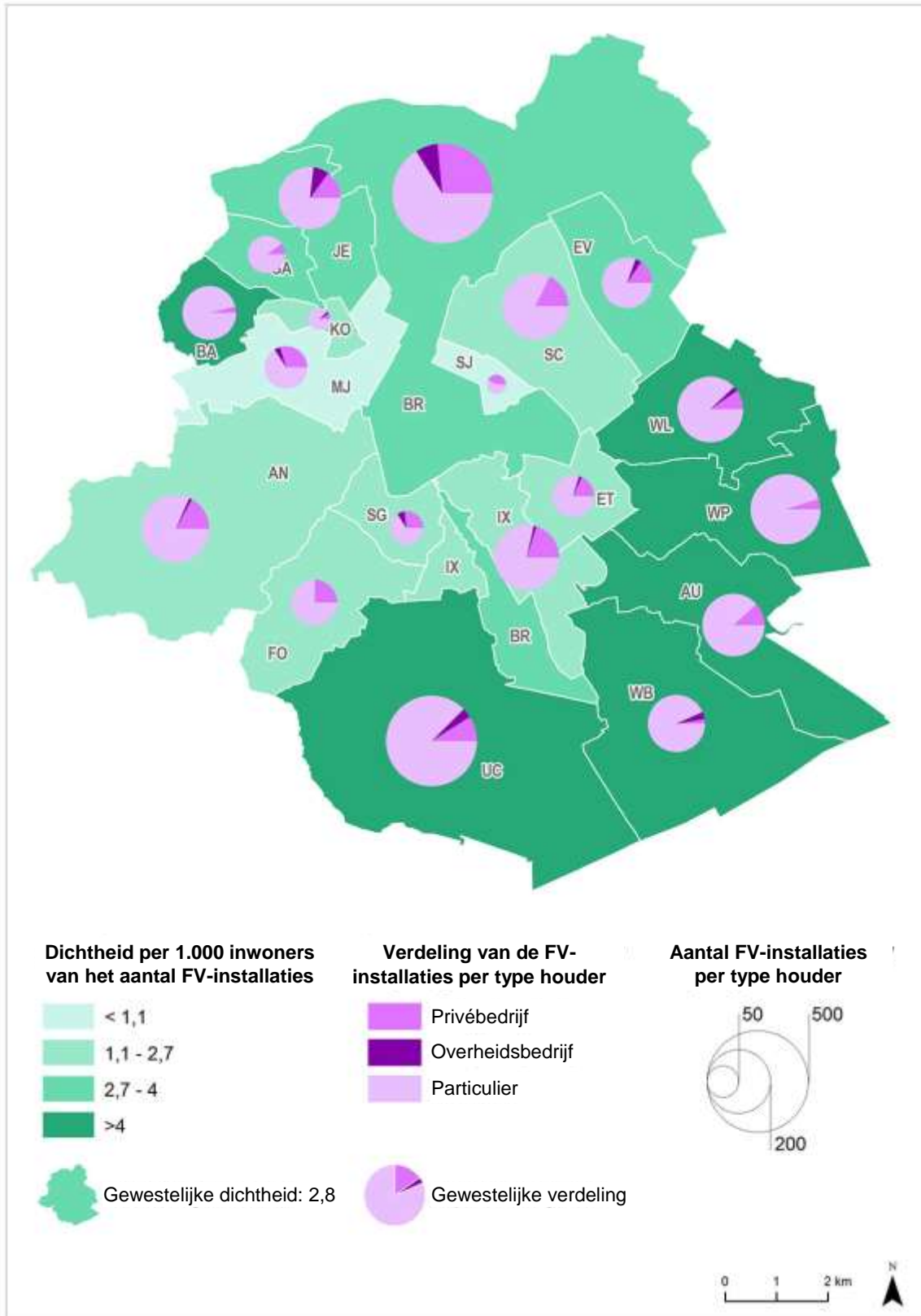
Figuur 33: Dichtheid van het aantal FV-installatie per 1.000 inwoners volgens de vermogenscategorie

Zoals figuur hierboven toont, kan men de context op een lokaal niveau situeren door specifieke gegevens over de fotovoltaïsche installaties, zoals het aantal installaties, te vergelijken met de bevolkingsgegevens van de gemeenten. We zien een grote ruimtelijke ongelijkheid van de FV-installaties, vooral in de vermogenscategorie onder de 5 kWp. Het aantal installaties per 1.000 inwoners varieert van 0,7 tot 6,7.

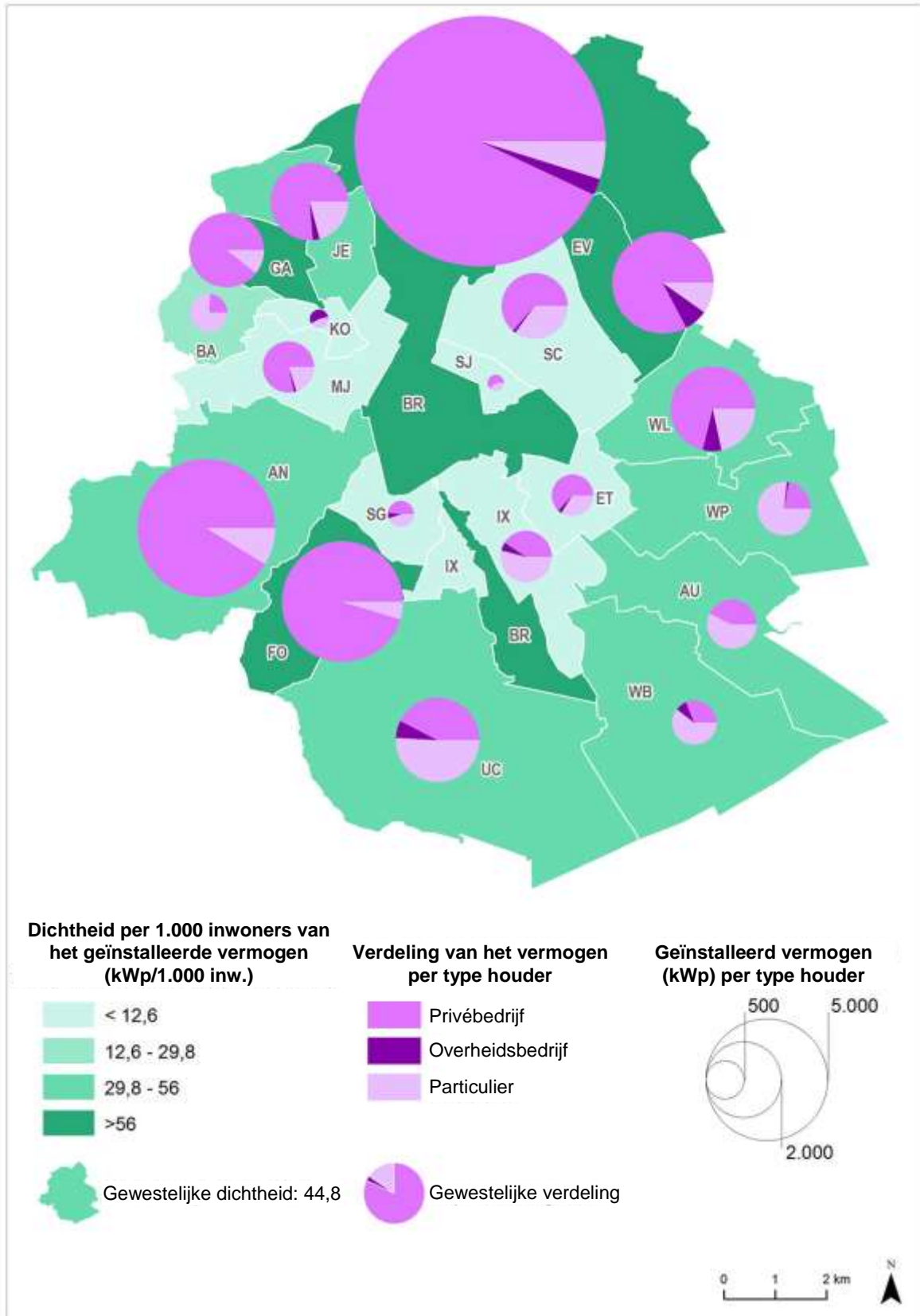
Om de analyse van het fotovoltaïsche park in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest in 2015 te verrijken, werden twee gemeentelijke thematische kaarten opgesteld.

Elke kaart toont de 19 gemeenten, gekarakteriseerd door een kleurenklasse. Elke klasse komt overeen met een waardeninterval. Binnen elke gemeente toont een taartdiagram de verdeling per type houder (privébedrijf, overheidsbedrijf, particulier). De grootte van het diagram hangt af van een waarde in absolute cijfers.

De twee kaarten zijn:



Figuur 34: Kaart 1 - Aantal FV-installaties en dichtheid per 1.000 inwoners in het BRG



Figuur 35: Kaart 2 - Geïnstalleerd vermogen en dichtheid per 1.000 inwoners in het BHG

10 Conclusies

De analyses van deze studie hebben betrekking op het Brusselse fotovoltaïsche park op 31 december 2015, met uitzondering van de indicatoren "dimensionering" en "zelfverbruiksgraad", waarvoor op het ogenblik van het opstellen van dit verslag niet alle voor de berekening vereiste gegevens voor het jaar 2015 beschikbaar waren. Deze twee indicatoren werden echter herberekend op basis van de volledige gegevens van 2014 en worden in dit rapport geanalyseerd.

In de vorige studie door Climact werden vijf specifieke analyses als bijzonder relevant geïdentificeerd om de voorbije en toekomstige evolutie van het Brusselse fotovoltaïsche park te begrijpen. Ze konden worden uitgevoerd op basis van de informatie van de databank van BRUGEL, die voor bepaalde analyses werd vergeleken met de door de DNB bezorgde gegevens. De vijf analyses zijn:

1. Analyse van het geïnstalleerde materiaal
2. Productiviteit van de installaties
3. Prijs van de installaties
4. Dimensionering
5. Zelfverbruik

In het kader van dit verslag werden de vijf aanvankelijke analyses herberekend op basis van de laatste beschikbare gegevens. De analyse van de gemeenten is een nieuwe expertise.

6. Gemeentelijke analyse van het fotovoltaïsche park

De analyse van het geïnstalleerde materiaal toont aan dat de markt van de panelen versnipperd is en dat de negen belangrijkste merken ~60% van de markt concentreren. Op het vlak van het geïnstalleerde vermogen wordt de markt van de panelen gedomineerd door panelen met een gemiddeld rendement (> 125 en ≤ 175 Wp/m²) en door in China gefabriceerde panelen. Bij de omvormers concentreren negen merken bijna 78% van de markt en vertegenwoordigen twee merken samen bijna 57% van de markt.

De productiviteit van het Brusselse park verbetert van jaar tot jaar. De vergelijking van de productiviteit van het Brusselse park met een referentie-installatie toont aan dat meer dan 60% van de installaties van het Brusselse park een performantie van meer dan 60% bereikt. Uit de analyses blijkt duidelijk dat de grote installaties een aanzienlijk hogere performantie bereiken dan het gemiddelde.

Uit de analyse van de evolutie van de totale prijs van de installaties blijkt dat de prijzen met 12% zijn gedaald tussen 2013 en 2015. De analyse per vermogenscategorie toont duidelijk aan dat de schaafeffecten aanzienlijk zijn. We stellen ook vast dat de grote installaties (100-1000 kWp) per kWp 44% goedkoper zijn dan de kleine installaties (0-5 kWp). De analyse van de andere factoren die de prijzen beïnvloeden, toont aan dat enerzijds de mediane prijs van een installatie met in China gefabriceerde panelen 33% lager ligt dan die van een installatie waarvan de panelen in de Verenigde Staten werden gefabriceerd en, anderzijds dat er geen significante correlatie is tussen de prijs en het rendement van de panelen.

Uit de analyse van de dimensionering, berekend op basis van de gegevens van 2014 (bij gebrek aan meer recente gegevens) kunnen we besluiten dat 88% van de installaties jaarlijks minder elektriciteit produceert dan de jaarlijkse lokale elektriciteitsbehoeften van de plaats waar ze geïnstalleerd zijn.

Op het vlak van het zelfverbruik (eveneens berekend op basis van de gegevens van 2014) blijkt dat 47% van de installaties een niveau van meer dan 50% vertoont. Het gemiddelde van het zelfverbruik van het geheel van het Brusselse park wordt op 55% geraamd. Deze hoge waarde wordt op de eerste plaats verklaard door het relatief grote aandeel, in termen van geïnstalleerd vermogen, van de installaties van meer dan 5 kWp die het compensatieprincipe niet genieten en er dus toe worden aangezet om door zelfverbruik de financiële valorisatie van de lokaal geproduceerde elektriciteit te maximaliseren. Ten tweede zijn ook voor de installaties die van het compensatieprincipe genieten (voornamelijk residentiële installaties) de waargenomen niveaus hoger dan verwacht (50% of meer tegenover de aangekondigde 30%). Bijkomende analyses zouden nuttig zijn om deze resultaten voor de thuisinstallaties te verklaren.

In het kader van deze tweede studie van het fotovoltaïsche park in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest wordt het geheel van het park voorgesteld in de vorm van grafieken en kaarten. Twee kaarten stellen het fotovoltaïsche park in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest voor in termen van het aantal installaties en het geïnstalleerde vermogen ten opzichte van de gemeentelijke bevolking.

* *

*

II Bijlage: Cijfertabellen van de gemeentelijke gegevens

II.1 Tabel A: Aantal FV-installaties volgens het type houder

Gemeente	Aantal inwoners ³⁴	Aantal FV-installaties volgens het type houder			
		Particulier	Overheids-bedrijf	Privébedrijf	Totaal
Anderlecht	116.332	187	3	39	229
Oudergem	32.835	172		23	195
Sint-Agatha-Berchem	23.927	139		6	145
Brussel	175.534	331	36	133	500
Etterbeek	46.773	71	2	16	89
Evere	38.448	103	5	20	128
Vorst	55.012	79		26	105
Ganshoren	24.066	63		7	70
Elsene	84.754	165	3	42	210
Jette	50.724	149	16	29	194
Koekelberg	21.525	21	1	2	24
Sint-Jans-Molenbeek	95.576	60	4	27	91
Sint-Gillis	50.472	37	4	15	56
Sint-Joost-ten-Node	27.332	11		8	19
Schaarbeek	131.030	180	1	39	220
Ukkel	81.280	363	15	37	415
Watermaal-Bosvoorde	24.454	153	7	4	164
Sint-Lambrechts-Woluwe	54.022	191	5	21	217
Sint-Pieters-Woluwe	41.077	233	1	12	246
Algemeen totaal	1.175.173	2.708	103	506	3.317

³⁴ Bron: FOD Economie (Wettelijke bevolking per gemeente op 1 januari 2015)

I 1.2 Tabel B: Geïnstalleerd vermogen per gemeente volgens het type houder

Gemeente	Aantal inwoners ³⁵	Geïnstalleerd vermogen volgens het type houder (in kWp)			
		Particulier	Overheidsbedrijf	Privébedrijf	Totaal
Anderlecht	116.332	574	7	5.930	6.511
Oudergem	32.835	481		361	842
Sint-Agatha-Berchem	23.927	371		116	487
Brussel	175.534	1.052	446	19.994	21.492
Etterbeek	46.773	200	17	371	589
Evere	38.448	348	262	2.920	3.531
Vorst	55.012	234		4.764	4.998
Ganshoren	24.066	204		1.705	1.908
Elsene	84.754	486	49	365	901
Jette	50.724	427	59	1.572	2.058
Koekelberg	21.525	51	63	6	121
Sint-Jans-Molenbeek	95.576	180	14	702	896
Sint-Gillis	50.472	104	16	112	231
Sint-Joost-ten-Node	27.332	34		55	90
Schaarbeek	131.030	522	24	949	1.495
Ukkel	81.280	1.234	163	1.029	2.426
Watermaal-Bosvoorde	24.454	406	58	210	674
Sint-Lambrechts-Woluwe	54.022	534	178	1.755	2.467
Sint-Pieters-Woluwe	41.077	755	11	218	983
Algemeen totaal	1.175.173	8.197	1.368	43.135	52.700

³⁵ Bron: FOD Economie (Wettelijke bevolking per gemeente op 1 januari 2015)